

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR



FACULTAD DE INGENIERÍA

MAESTRÍA EN REDES DE COMUNICACIONES

**ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA INFRAESTRUCTURA
TRONCAL DE TELECOMUNICACIONES QUE PERMITA AL MUNICIPIO DE
AGUARICO BRINDAR SERVICIOS DE INTERNET A LA PARROQUIA
TIPUTINI.**

**Trabajo previo a la obtención del Título de
Magister en Redes de Comunicaciones**

JULIO RODRIGO CABRERA REYES

Quito, enero de 2015

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaron, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad; además porque me han enseñado mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

A mis hermanos con quienes compartí los momentos de este largo caminar y han sido mi fuente de apoyo y constancia.

Julio Rodrigo Cabrera Reyes

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de tesis primeramente me gustaría agradecerle a ti Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

A la **PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR FACULTAD DE INGENIERÍA** por abrirme sus puertas y permitido que adquiriera buenos y nuevos conocimientos.

A mi Director de Tesis, Gustavo Chafra, PHD por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

Julio Rodrigo Cabrera Reyes

PRESENTACION

Señores miembros del Jurado:

Dando cumplimiento a las normas del Reglamento de elaboración y sustentación de Tesis de la Facultad de Ingeniería, sección de Postgrado de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, para elaborar la tesis de Maestría, se presenta el trabajo de investigación denominado: “ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACION DE UNA INFRAESTRUCTURA TRONCAL DE TELECOMUNICACIONES QUE PERMITA AL MUNICIPIO DE AGUARICO BRINDAR SERVICIOS DE INTERNET A LA PARROQUIA TIPUTINI”.

En el presente trabajo describimos el uso de tres tecnologías de telecomunicaciones para la implementación de la infraestructura troncal, sus ventajas y desventajas, con la finalidad de seleccionar la mejor solución para su implementación. Señores miembros del jurado en espera que este proyecto sea evaluado y merezca su aprobación.

Atentamente.

Julio Rodrigo Cabrera Reyes.

El Autor

RESUMEN

El presente proyecto de investigación está enfocado en la utilización de las tecnologías de telecomunicaciones, para la implementación de una infraestructura troncal, que permita llegar con el servicio de internet a la población de Tiputini ya que en este sector se encuentra el mayor asentamiento poblacional del Cantón Aguarico.

En este estudio se analizan las características de la redes de Fibra óptica, Enlaces microondas terrestres y redes satelitales con la finalidad de seleccionar la tecnología que mejor se adapte a los requerimientos técnicos, condiciones geográficas al lugar donde se pretende llegar con la infraestructura troncal, para los servicios de internet. Se dará a conocer las especificaciones de los componentes, equipos y la infraestructura que se necesitaría implementar, así como los costos que se necesitarían para su ejecución.

El presente documento se encuentra dividido por cinco capítulos, exponiendo a continuación.

En el CAPITULO I, Se identifica la justificación, objetivos del proyecto de estudio por los cuales se va a desarrollar la investigación.

En el CAPITULO II, Se realiza una descripción de 3 tecnologías de telecomunicaciones conceptos principales y características.

En el CAPITULO III, Se da a conocer la propuesta para la implementación de la infraestructura troncal, así como las especificaciones de los equipos.

En el CAPITULO IV, Se realiza una descripción del presupuesto necesario, y el ancho de banda mínimo a ser contratado por parte de la municipalidad.

En el CAPITULO V, Se establece las conclusiones y recomendaciones a las cuales se ha llegado posterior al desarrollo del estudio planteado.

INDICE GENERAL

CAPITULO I	2
PROPUESTA DE LA INVESTIGACION	2
1.1. Introducción	2
1.2. Antecedentes.....	5
1.3. Justificación	6
1.4. Objetivo general	8
1.5. Objetivos específicos.....	8
1.6. Hipótesis	9
CAPÍTULO II.....	10
CASOS DE ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE REDES DE TELECOMUNICACIONES	10
2.1. Introducción a las redes de telecomunicaciones	10
2.2 Alternativas de redes troncales	11
2.2.1 Redes de fibra óptica.....	11
2.2.2 Redes satelitales	21
2.2.3 Redes microondas terrestres	29
2.3 Selección de la tecnología a ser utilizada	36
CAPITULO III.....	44
DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	44
3.1 Infraestructura troncal de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones	44
3.2 Propuesta del diseño de la infraestructura de telecomunicaciones Limoncocha - Tiputini	47
3.2.1 Ubicaciones geográficas de los enlaces	49
3.2.2 Diseño de la ruta Limoncocha - Tiputini	49
CAPITULO IV	84
PRESUPUESTO	84
4.1 Descripción del presupuesto	84
4.2 Costos de frecuencias	84

4.2.1 Tarifa mensual	85
4.2.2 Derecho de concesión.....	86
4.2.3 Tarifas mensuales y derecho de concesión del Backbone.....	87
4.2.4 Descripción de costos de torres y equipos para enlace microondas.....	88
CAPITULO V	95
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	95
5.1 Conclusiones.....	95
5.2 Recomendaciones.....	96

Índice de tablas

Tabla 1 Capacidad de las redes de fibra óptica instaladas en varias ciudades.....	20
Tabla 2 Tarifas del servicio de internet corporativo CNT	27
Tabla 3 Ventajas y desventajas de las tecnologías de telecomunicaciones	38
Tabla 4 Evaluación de las tecnologías de telecomunicaciones.....	42
Tabla 5 Equipos de fibra óptica instalados en las diferentes estaciones	45
Tabla 6 Capacidad de los enlaces de la CNT	46
Tabla 7 Capacidad de transmisión en enlaces de fibra óptica	47
Tabla 8 Información geográfica de los puntos a enlazar	49
Tabla 9 Frecuencias a ser utilizadas.....	53
Tabla 10 Distancias entre estaciones	55
Tabla 11 Cálculo de la zona de fresnel Limoncocha - El Edén	58
Tabla 12 Cálculo de la zona de fresnel El Edén - Capitán Augusto Rivadeneira	60
Tabla 13 Cálculo de la zona de fresnel Capitán Augusto Rivadeneira - Tiputini	62
Tabla 14 Evaluación de zona de fresnel, respecto a las distancias y frecuencias del enlace.....	64
Tabla 15 Características de diferentes marcas de equipos microondas terrestres.....	67
Tabla 16 Datos técnicos del equipo a utilizar	69
Tabla 17 Ganancia de las antenas requeridas para el proyecto	70
Tabla 18 Selección de las antenas a utilizar en el enlace	71
Tabla 19 Nivel de señal recibida en cada enlace.....	73
Tabla 20 Datos para la simulación del enlace Limoncocha - El Edén.....	77
Tabla 21 Datos para la simulación del enlace El Edén – Capitán Augusto Rivadeneira.....	79
Tabla 22 Datos para la simulación del enlace Capitán Augusto - Rivadeneira Tiputini.....	81
Tabla 23 Tarifas mensuales y valor de concesión de los enlaces	87
Tabla 24 Presupuesto inicial	89
Tabla 25 Fuentes y usos.....	91
Tabla 26 Costos y gastos	92
Tabla 27 Costos por usuario	93

Índice de imágenes

Imagen 1 Esquema de una red satelital	22
Imagen 2 Tiempos de respuesta de un enlace satelital.....	28
Imagen 3 Tiempos de respuesta de una conexión terrestre ADSL	29
Imagen 4 Sistema de comunicaciones de Petroproducción	32
Imagen 5 Tráfico en el enlace cerro Pichincha - edificio Villafuerte	35
Imagen 6 Diagrama de conexión red de fibra óptica CNT (RNT SDH)	45
Imagen 7 Propuesta para implementación de la infraestructura troncal	48
Imagen 8 Nivel de señal recibida	50
Imagen 9 Zona de fresnel.....	51
Imagen 10 Distancias entre estaciones.....	56
Imagen 11 Zona de Fresnel Limoncocha - El Edén	59
Imagen 12 Zona de Fresnel El Edén – Capitán Augusto Rivadeneira	61
Imagen 13 Zona de Fresnel Capitán Augusto Rivadeneira - Tiputini	63
Imagen 14 Simulación del enlace Limoncocha - El Edén.....	78
Imagen 15 Simulación del enlace El Edén-Capitán	80
Imagen 16 Simulación del enlace Capitán Augusto Rivadeneira – Tiputini	82

Índice de anexo

Anexo 1 Microonda OptiX RTN 950

Anexo 2 Torre de 75 metros de la municipalidad disponible en la parroquia Tiputini

Anexo 3 Armario exterior para instalación de equipos

CAPITULO I

PROPUESTA DE LA INVESTIGACION

1.1. Introducción

En países que se encuentran en vías de desarrollo es frecuente encontrar en zonas rurales la ausencia o insuficiencia de infraestructura de comunicaciones las cuales a más de ser extensas en comparación con las zonas urbanas de las ciudades densamente pobladas, son fuente de recursos potenciales (renovables y no renovables) que permiten el desarrollo de un país.

Las comunicaciones como tal, son el medio y no el fin propiamente dicho, para lograr una educación consciente, que permita el desarrollo y no solo el crecimiento humano.

El proyecto pretende realizar un estudio para la implementación de una infraestructura troncal de telecomunicaciones, que permita llegar con los servicios que la internet ofrece a la población de Tiputini ya que en este sector se encuentra el mayor asentamiento poblacional del Cantón Aguarico, que según datos del departamento de planificación de la Gobierno Municipal de Aguarico al año 2013 existen 800 hogares.

Mediante la realización de encuestas como parte de un estudio de mercado, se determinará la demanda aproximada del servicio de internet dentro de las familias de la parroquia, instituciones educativas, públicas y privadas. Además de las necesidades de comunicación y aplicaciones de la web que la internet satisface, como son trámites personales que los usuarios realizan con instituciones que disponen de este servicio, así como entre instituciones.

Culturalmente la población del sector pueda que no le dé el uso esperado, pero es responsabilidad del estado Ecuatoriano promover el desarrollo cultural, técnico científico, promocionar el desarrollo de la región sea por el turismo y principalmente proteger la identidad de nuestros pueblos, y una manera es la concientización de su riqueza y orgullo ancestral por medio de la educación; y para este cometido el acceso a las telecomunicaciones se hace estrictamente necesario.

Aunque el estudio del tráfico IP para el dimensionamiento de una red es complejo y demanda estudios tanto estadísticos como probabilísticos, la información extraída de las encuestas servirá como tráfico censado para el primer ajuste en el dimensionamiento mínimo de la capacidad de la red de telecomunicaciones a implementar.

En el estudio técnico, primeramente se analizarán las distintas tecnologías que permitan implementar la red troncal para el transporte del servicio de internet a la población objetivo, dentro de las cuales tenemos las redes de fibra óptica, redes satelitales y enlaces microondas. Seguidamente luego de analizar operativamente el desempeño de cada una de ellas referente a su costo, facilidades y dificultades para el acceso, instalación y requerimiento de infraestructura se escogerá la mejor opción que sería la más óptima.

El circuito troncal o red troncal para la conexión a internet, será analizado acorde a un estudio diferente a la red de distribución o red de última milla. Para lo cual se debe considerar en la selección de la mejor tecnología la distancia en zona selvática que tiene que cubrirse hasta la parroquia Tiputini desde la parroquia Limoncocha (Sucumbíos), que son 129,7 Km aproximadamente.

El estudio determinará los costos que la municipalidad de Aguarico necesitaría invertir para llevar a cabo el proyecto, que contempla la adquisición de equipos, instalación de torres, costos del servicio de internet a adquirir, los cuales tendrán que ser analizados por las tarifas que se cobrarían por el servicio entregado. Además este proyecto tiene como fin generar un beneficio social que aporte al desarrollo de las instituciones educativas, y el buen vivir de los habitantes de la parroquia Tiputini.

1.2. Antecedentes

La parroquia Tiputini se encuentra ubicada en el Cantón Aguarico a 260 km de distancia desde la ciudad de Francisco de Orellana (Coca), provincia de Orellana, su acceso se lo realiza mediante transporte fluvial con un tiempo estimado de 12 horas de viaje, y por vía aérea en helicóptero 45 minutos aproximadamente. Tiputini es la cabecera cantonal de Aguarico y está limitado al norte por la parroquia Santa María de Huririma, al sur con la parroquia Nuevo Rocafuerte, al este con la parroquia Yasuní, al oeste con la parroquia Cononaco.

Según datos del INEC del último censo realizado en el año 2011, la población es de 1597 habitantes, de ellos 966 corresponden a hombres y 631 a las mujeres. Del global el 60% corresponden a los indígenas, siendo mayoritarios los kichwas.

La corporación Nacional de Telecomunicaciones es la única empresa proveedora del servicio de internet en la parroquia Tiputini, su señal es obtenida a través de un enlace satelital en banda C, cuyo ancho de banda es 2014 Mb de descarga y 512 de subida. El servicio es distribuido por medio de la red telefónica únicamente a 10 usuarios desde el año 2011; la misma que no se ha incrementado ni en el número de usuarios ni en la capacidad de distribución. El

costo que los usuarios pagan por dicho servicio es de \$ 25,00 (veinte y cinco dólares de los Estados Unidos de América) mensuales.

La municipalidad de Aguarico actualmente cuenta con el servicio de internet satelital en banda KU de 3072 Mbps de descarga y 1024 Mbps de subida con un nivel de compartición 2 a 1, el cual es distribuido solamente dentro de los departamentos de la institución, pagando un costo mensual de \$ 3248 (Tres mil doscientos cuarenta y ocho dólares de los Estados Unidos de América).

Por lo expuesto se puede notar claramente la necesidad de expandir el servicio de internet con todas las aplicaciones y el ancho de banda adecuado que se ajuste a las necesidades socio-económicas y demanda de la población.

1.3. Justificación

Debido a la actual política de inclusión del gobierno central, de dotar de servicios de telecomunicaciones a todo el país, ha dado la potestad a los Gobiernos Autónomos Descentralizados, para que puedan proveer servicios de Internet donde no exista este, o a su vez sean poblaciones de difícil acceso.

El presente trabajo resulta de gran importancia en términos técnico prácticos que servirá de guía a otras municipalidades del país que se encuentran en sectores fronterizos de difícil acceso a las telecomunicaciones, especialmente las ubicadas en la región amazónica ecuatoriana, que les permitirá entregar servicios de información y comunicaciones. El análisis mismo constituye una metodología de procedimiento que permitirá reproducirse en proyectos similares.

Los altos costos financieros que representan ciertas alternativas tecnológicas por las dificultades para su instalación en entornos rurales, ausencia de infraestructura de accesos y de redes de suministro de energía eléctrica, actividades de mantenimiento suponen grandes inversiones para aplicar tecnologías que no sean apropiadas al medio.

En el presente proyecto se analizarán diferentes tecnologías de telecomunicaciones como fibra óptica, enlaces satelitales y enlaces microondas que nos permitirán seleccionar la infraestructura más factible para su instalación.

El autor de este trabajo cuenta con acceso a la información necesaria de fuentes primarias como secundarias para poder realizar todos los estudios de factibilidad técnica y económica,

1.4. Objetivo general

Seleccionar una de las redes de telecomunicaciones propuestas para este estudio, redes de fibra óptica, redes satelitales, y enlaces microondas, después de un análisis de su conveniencia por ser adecuada y viable para el propósito de implementar una infraestructura troncal de telecomunicaciones que permita al Municipio de Aguarico brindar servicios de internet a la parroquia Tiputini.

1.5. Objetivos específicos

- Describir cada una de las tecnologías de telecomunicaciones propuestas específicamente Fibra óptica, Satelitales y microondas terrestres.
- Realizar un análisis de las tecnologías objetas de estudio en base a las ventajas y desventajas, para seleccionar la que mejor se adapte al lugar donde se pretende implementar.
- Desarrollo del proyecto de una red troncal; en base a la tecnología seleccionada.

- Determinar los costos de la infraestructura y equipos de la red troncal a implementar.

1.6. Hipótesis

El estudio de las características de las redes de telecomunicaciones, permitirá seleccionar la mejor tecnología para la implementación de la infraestructura troncal que permita llegar con el servicio de internet a la parroquia Tiputini.

CAPÍTULO II

CASOS DE ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE REDES DE TELECOMUNICACIONES

Una vez planteado el tema de investigación y descrito el objetivo general y los objetivos específicos que establecen el propósito de este análisis, resulta necesario establecer los aspectos teóricos que sustentaran este estudio. Las tecnologías a analizar como transporte son básicamente de tres tipos: Fibra óptica, Microondas y Satelital.

2.1. Introducción a las redes de telecomunicaciones

Las telecomunicaciones involucran el estudio y uso de las ciencias aplicadas como una técnica que desarrolla sistemas que permiten la comunicación a larga distancia a través del envío y recepción de señales. Las señales pueden ser signos escritos, imágenes, sonidos e información de cualquier tipo a través de un medio guiado o no guiado los cuales pueden ser medios ópticos o sistemas electromagnéticos de propagación.

Se utilizan técnicas como la codificación y modulación de las señales para manejar la información y hacerla eficiente, precisa, confiable y segura

Una red de telecomunicaciones consiste en los siguiente componentes:

a) un conjunto de nodos en los cuales se procesa la información, y b) un conjunto de enlaces o canales que conectan los nodos entre si y a través de los cuales se envía la información desde y hacia los nodos.

El desarrollo de las telecomunicaciones ha dado lugar a las diferentes tecnologías que serán analizadas para el contexto indicado. (bibliotecadigital, 2012).

2.2 Alternativas de redes troncales

2.2.1 Redes de fibra óptica

Las redes de fibra óptica son el medio por excelencia para las telecomunicaciones y comunicación digital ya que permiten el envío de grandes volúmenes de información a velocidades similares a las utilizadas en radio o cable. Son inmunes a las interferencias electromagnéticas ya que el medio de transmisión son pulsos de luz. Los cables son delgados, flexibles y ligeros, lo que permite un alto grado de satisfacción en las instalaciones.

Este comportamiento se lo ha conseguido manipulando el medio o material físico de tal forma que la señal sea guiada y no se disperse. Para ello

se controla la dirección de propagación con base a los principios de la reflexión y refracción que tenga el haz de luz modulado. Formulación conocida como Ley de Snell. (Makishi, 2014).

2.2.1.1 Instalación en zonas rurales

En zonas rurales la construcción de infraestructuras troncales de fibra óptica puede contribuir significativamente en la elaboración de políticas de TIC a favor de los pobres y cada vez más se reconoce esta necesidad. Aunque sigue aumentando el ancho de banda y la capacidad de las infraestructuras troncales inalámbricas, esta no supera a la fibra óptica en cuando al volumen de tráfico y cantidad de servicios que se ofrecen. Instalar infraestructura de redes de fibra óptica y permitir el acceso a ella de forma adecuada son dos condiciones que permitirán el uso de las TICs para combatir la pobreza.

En el siguiente caso de estudio se analiza un ejemplo de infraestructura troncal que se ha llevado hacia zonas rurales de África, donde se plantean los temas a tener en cuenta para definir sus buenas prácticas.

El costo de instalar infraestructura troncal en zonas rurales constituye un gran desafío ya que el costo por usuario es mucho más alto que en zonas urbanas debido a que la población se encuentra dispersa, razón por la cual los

operadores comerciales están menos interesados en ofrecer cobertura en el medio rural, además que la concentración del comercio y administración en las zonas urbanas tiende a generar una mayor demanda de conectividad.

La fibra óptica no en todos los casos se constituye en la solución más óptima para brindar banda ancha en zonas rurales donde la población se encuentra extremadamente dispersa, las redes satelitales siguen siendo una buena opción incluso a largo plazo. Varias tecnologías inalámbricas pueden ofrecer cobertura de banda ancha a gran velocidad en grandes distancias.

En el trabajo fisco está el mayor costo del tendido de fibra óptica, no en las propias fibras, lo que acentúa la ventaja de compartir infraestructura pasiva, como los postes de teléfono y las vías del tren. Lo que significa que se pueden generar enormes redundancias con mínimos costos solamente agregando más fibras. Por lo cual tiene poco sentido construir en paralelo múltiples autopistas de fibra óptica que compitan entre sí.

Las políticas deberían garantizar que todos los usuarios, específicamente los de las zonas rurales tengan acceso a esas autopistas centrales. Desde el punto de vista del acceso equitativo que medidas adicionales habrá que tomar para que las comunidades pobres puedan obtener beneficios y lograr el acceso (Ó Siochrú , 2014)

Las redes de fibra óptica constituyen uno de los medios de transporte de información que mayor crecimiento ha presentado en los últimos años por su gran capacidad de soportar muchas aplicaciones actuales como voz, datos, video. La mayor parte de su infraestructura está instalada en zonas urbanas por ser donde se concentran la mayor parte de las empresas públicas y privadas, pero al referirse a las zonas rurales el panorama cambia ya que su implementación se dificulta por la falta de acceso a vías, energía eléctrica, población dispersa; Lo que no es muy atractivo para las empresas de telecomunicaciones por la gran inversión que deben realizar.

2.2.1.1.1 Infraestructura troncal de fibra óptica en África

En África subsahariana se han tendido más de 500.000 kilómetros de infraestructura troncal de internet, pero solo el 12% (60.000 kilómetros) está constituido por cables de fibra óptica. Lo demás es microondas, en su mayor parte esta red troncal es para los operadores de telefonía móvil. La mayor parte de la infraestructura troncal de fibra óptica es usada para los puntos de distribución de líneas fijas. Una pequeña parte llega a las zonas rurales, habitualmente en tránsito hacia otro lugar, por lo que las conexiones satelitales son más comunes. Un pequeño número de operadores de infraestructura troncal que arriendan líneas a las empresas y banda ancha a otros operadores, como Kanya Data Networks (KDN) en Kenia, que dispone de una red de más

de más de 1900 kilómetros. Algunos gobiernos como los de Kenya, Etiopía y Uganda están invirtiendo en infraestructura troncal de fibra óptica, pero el porcentaje de población que vive cerca del rango de alcance de la fibra es muy bajo, incluso esto suceden en países con redes más extensas.

Los cables submarinos de la costa oriental de África tiene como finalidad fomentar el interés de conectar a una cuerda de países, en la actualidad existen cuatro cables de fibra óptica que compiten por llegar a ser los primeros en tierra firme. Esta infraestructura se debe evitar que esté en manos de operadores de telecomunicaciones con monopolios de la banda ancha nacional. Muchos de ellos lo utilizan como manera de mantener su dominio de la banda ancha internacional lo que da como resultado precios altos y un uso limitado.

La esperanza de lograr una banda ancha barata ha despertado el interés por la expansión de las fibras terrestres hacia países sin salida al mar, como Rwanda y Uganda, y también la idea de agrandar las redes nacionales de fibra óptica para alcanzar grandes extensiones de zonas rurales donde se encuentran las comunidades pobres, algo que es muy difícil de conseguir si no se tienen financiación pública. Una de las propuestas más interesantes que se presentaron se asoció inicialmente con el sistema de cable submarino de África Oriental (EASSy), con el reclamo de crear una estructura de acceso abierto, cuyo acceso el consorcio EASSy solo lo está implementando en forma parcial.

Los principios básicos que se pueden aplicar a la infraestructura troncal de fibra óptica en el medio rural.

Dichos principios son:

- Cualquier proveedor de servicios incluso los que se encuentran en las periferias de las redes tiene el derecho de pedir y obtener el acceso. Esto permitirá que los proveedores pequeños y locales puedan usarla para brindar sus servicios.
- Todas las tecnologías deberían tener permiso para conectarse siempre y cuando tengan los atributos físicos adecuados. La regulación debería fomentar la innovación tecnológica
- El acceso debería ser justo y no discriminado, ningún proveedor debería ser favorecido o discriminado, fomentando la competencia en el área de servicios.
- Los precios e impuestos entre la infraestructura troncal y los proveedores del servicio deberían ser transparentes.

- Ningún proveedor debería tener prohibido conectarse con otros y el acceso a la banda ancha local e internacional de ser posible.
- Se debería incluir en los componentes regulatorios la preferencia de ciertos proveedores en las comunidades pobres, o el subsidio de la banda ancha. Esto debería ser totalmente transparente y alinearse con los objetivos de las políticas de acceso universal.

Lecciones aprendidas

De la experiencia de África surge una serie de lecciones:

- Para que las fuerzas del mercado sean las que lleven la infraestructura troncal de fibra óptica hacia las zonas rurales se necesitan incentivos y fondos públicos.
- Al no existir regulación para los pobres, las operadoras de la red móvil una de las de mayor crecimiento tenderán a construir sus propias redes centrales propietarias, limitadas a algunas necesidades individuales e inaccesibles para el resto.

- La rentabilidad en el sector de telecomunicaciones especialmente entre los operadores de telefonía móvil, suele ser suficiente para obtener un superávit que contribuya a construir una infraestructura de fibra óptica en la zona rural.
- Hay pocos ejemplos de enfoques específicos al implementar la infraestructura troncal de internet en el mundo en desarrollo, quizá porque primero aparece la urgencia de tender fibra óptica en el medio rural, desde un principio las obligaciones regulatorias se deben planificar en una perspectiva a favor de los pobres. (Ó Siochrú , 2014)

La implementación de infraestructura de telecomunicaciones en zonas rurales y de difícil acceso debería constituirse en una política de estado de todos los gobiernos que buscan aliviar la pobreza de sus países, mejorando el acceso al conocimiento a través de la educación para lo cual se necesita gran inversión en la instalación de cables de fibra óptica por lugares donde no existen facilidades de acceso, algo muy difícil para los operadores de telecomunicaciones privados donde su rentabilidad sobre estos proyectos es baja.

2.2.1.1.2 Infraestructura troncal de fibra óptica en Ecuador

En el caso del Ecuador, acorde al desarrollo tecnológico de las comunicaciones por medio de la fibra óptica, tanto en la facilidad de implementación, operación y mantenimiento como de la viabilidad financiera y económica se empieza a instalar fibra óptica en el país en el año 2000. Andinatel, en ese entonces comenzó a instalar por la red vertebral (backbone) de fibra óptica que conectaba Tulcán hasta Cuenca, respetando la independencia de operación y concesión de derechos geográficos y de servicios que tenían Andinatel, Pacifictel y Etapa (Cuenca).

Para ello se tiene que obtener permisos de explotación, permisos de medio ambiente, permisos de derechos de vía para poder instalar cable soterrado, aéreos, postes (si fuera el caso) o armarios de distribución en las cercanías de las carreteras o en los tramos que pasaban por vía férrea, etc., las cuales eran propietarias 'empresas', en ese entonces, como los Ministerios de Obras Públicas, empresa de Ferrocarriles, Municipios, etc.

En el año 2001, se instala fibra óptica que conecta a Quito con Ibarra. Este sistema de fibra óptica que conecta a estas ciudades, se lo hace a través de equipos situados en el edificio o estación de Iñaquito y en el edificio de Ibarra centro. Las capacidades de los enlaces más directos son:

Tabla 1 Capacidad de las redes de fibra óptica instaladas en varias ciudades

Estación A	Estación B	Capacidad
Ibarra Centro	Iñaquito	STM-64
Ibarra Centro	Otavalo	STM-64
Otavalo	Cayambe	STM-64
Cayambe	Iñaquito	STM-64
Ibarra Centro	Zuleta	STM-16
Zuleta	Cayambe	STM-16
Cayambe	Iñaquito	STM-16

Fuente: CNT

Elaborado por: Julio Cabrera

Los enlaces alternos por su capacidad y nodos intermedios que transportan tráfico preferencial de poblaciones contiguas (Cotacahi, Atuntaqui), no son considerados de respaldo. Sin embargo, dado que existe la infraestructura instalada (ductos, fibra óptica, etc.), puede en un futuro implementar rutas de respaldo o protección.

La implementación de una infraestructura troncal de fibra óptica en zonas rurales permite tener acceso a los servicios que la tecnología hoy en día brinda ; pero su instalación en el cantón aguarico se hace costosa porque para ello se requiere abrir trochas, instalar posteria, estudios de impacto ambiental, vías de acceso para el transporte de materiales y al encontrarnos en un entorno selvático cuyo acceso es solamente por vía fluvial y aérea hace que su instalación sea menos factible que una red microondas o enlace satelital.

2.2.2 Redes satelitales

Como se indicó en el literal 2.2.1.1 sobre la instalación de redes de fibra óptica en zonas rurales, no siempre la fibra óptica constituye la solución más óptima para brindar banda ancha en zonas rurales, cuando se desea cubrir vastas distancias para alcanzar poblaciones extremadamente dispersas como es el caso del proyecto que la municipalidad de Aguarico pretende desarrollar.

Las redes satelitales siguen siendo una buena opción, incluso a largo plazo. Además es poco probable que la fibra óptica constituya la “última milla” del proveedor hasta el local de los usuarios rurales, a continuación definiremos algunas experiencias sobre la instalación de redes satelitales vsat para determinar si constituye una tecnología a tomar en cuenta para el proyecto.

2.2.2.1 Conceptos de tecnología satelital

Las comunicaciones satelitales se basan en la utilización de un satélite posicionado en el espacio cumpliendo la función de una repetidora para la recepción y transmisión de señales desde estaciones terrenas, las señales son amplificadas en el satélite luego son reenviadas a la tierra. Dependiendo del patrón de las antenas del satélite este puede cubrir una zona específica que

puede llegar a ser un país o varios continentes a la vez. (Cisneros, 2013, pág. 33)

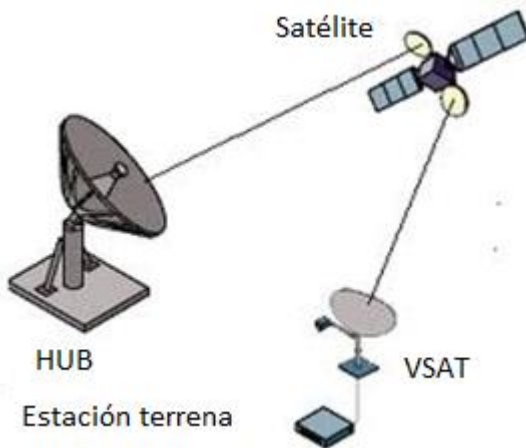


Imagen 1 Esquema de una red satelital

Adaptada de: Tesis PUCP

2.2.2.1.1 Redes vsat

Vsat (Acrónimo de Very Small Aperture Terminal) conformada por una estación terrestre satelital de pequeño tamaño que permite la comunicación en ambos sentidos. La mayor parte de antenas para el VSAT poseen un tamaño promedio de 70 cm a 1.2 m, para la envío y recepción de señales utilizan un tipo de satélite geoestacionario.

Las redes VSAT están constituidas por estaciones VSAT terrestres que pueden estar dispersas geográficamente, y una estación central (HUB) desde donde se gestionan todas las estaciones remotas, en esta estación se interconectan los servicios de voz y datos. (Cisneros, 2013, pág. 36)

La tecnología VSAT constituye una alternativa para la comunicación en lugares donde se dificulta la instalación de otras tecnologías de telecomunicaciones, con la tecnología VSAT se puede obtener transporte de información en lugares remotos y de difícil acceso, limitado solamente por la capacidad de transporte de información actual de esta tecnología.

A finales de los 90 comenzó a desarrollarse masivamente la tecnología VSAT como una alternativa para llevar acceso a servicios de datos e internet a localidades remotas, aunque en un principio a un costo relativamente alto y limitado a negocios

Varios son los complejos inconvenientes inherentes al servicio de transporte de datos por medio de satélites, el primero y difícilmente superable es el espectro de frecuencias, debido que las frecuencias asignadas ya sean en banda L, C, Ku, Ka, X, S, etc. Son bloques de frecuencias finitas cada una con sus características y comportamientos propios de acuerdo a su propagación y longitud de onda

Lo contrario sucede en las redes terrestres que solo dependen de los medios de transporte basados en fibra óptica y cobre, la disponibilidad y uso de frecuencias solo se limitan al número de conductores o empalmes de fibra óptica que se desean utilizar, por lo que los anchos de banda pueden ser tan grandes como el número de pares de cobre o cables de fibra óptica que se deseen utilizar.

En las redes satelitales, el ancho de banda es limitado debido a que dos sistemas no pueden utilizar la misma frecuencia en el mismo lugar y momento y aunque existen métodos para incrementar la disponibilidad del ancho de banda tales como transmitir en diferente polaridad, diferente posición orbital, nuevas modulaciones, compresión y corrección de errores, estos sistemas siempre presentaran este inconveniente.

Otro inconveniente que tiene una red satelital es la distancia, en una red terrestre la propagación que tiene un paquete de datos para circular el globo terráqueo en un viaje redondo no supera los 266 milisegundos, una red satelital debe recorrer la misma distancia pero se debe adicionar la propagación desde y hacia el satélite que en teoría toma 520 milisegundos a una distancia aproximada del satélite de 35880 kilómetros, es decir subir al satélite 130ms, ser repetida y bajar del satélite toma 130 m, ser entregada a la estación remota

o VSAT y recorrer el camino de regreso una subida y bajada o 260 ms, por lo cual una red satelital el viaje de un paquete toma por lo menos el doble y en algunos veces mucho más que una red terrestre, además si le sumamos que el protocolo TCP utilizado en internet fue diseñado para interpretar cualquier latencia o retraso en la propagación mayor a esta cifra como congestión en la red.

Si tómanos en cuenta los factores de la limitada capacidad de ancho de banda, la enorme latencia, la poca disponibilidad del espectro radioeléctrico es claramente demostrable que una red satelital jamás podrá competir con una red terrestre y esto sucede en la práctica una conexión ADSL a internet siempre tendrá mayor disponibilidad de ancho de banda y será más eficiente que un acceso satelital. (Satcomm networks, 2014)

En la actualidad existen varias instituciones públicas y privadas que hacen uso de las estaciones satelitales VSAT por ser una tecnología de fácil instalación en cualquier lugar. En comparación a costos es mucho más caro la contratación de un servicio por medio de esta tecnología que en una red cableada o inalámbrica lo cual es un limitante para su expansión en zonas rurales, presenta alta intermitencia en lugares con presencia de lluvia, sus tiempos de respuesta son altos debido a que tarda el doble o más que una conexión cableada. Esta tecnología que si bien permite el acceso a las Tics en

lugares remotos siempre se verá limitada por su baja capacidad en el transporte de información.

2.2.2.2 Experiencias en el uso de redes vsat en entorno rural

Actualmente la municipalidad de Aguarico cuanta con el servicio satelital (Vsat) en la banda Ku, cuyo proveedor es la empresa Punto Net, dicho servicio es entregado por la empresa antes mencionada desde el año 2012, ya anteriormente lo hacia la empresa Telconet en banda C, financiado por el ECORAE hasta el año 2008 Inicialmente se empezó con un ancho de banda de 512/256 posteriormente cuando el proyecto de conectividad para la región amazónica termino, la municipalidad inicia por el año 2008 el proceso de contratación de su propio enlace con tecnología satelital, ya que era la única forma de obtener este servicio.

La capacidad del enlace contratado fue de 2048/1024 compartido 4 a 1, por el cual cancelaba 2075,00 dólares mensuales hasta el año 2012. Para el año 2013 se vio la necesidad de incrementar el ancho de banda debido a la demanda que poco a poco fue creciendo dentro de la institución para lo cual se bajó el nivel de compartición de 4 a 1 a 2 a 1 con un ancho de banda de 3072 de descarga y 1024 de subida cancelando un valor de 3248 dólares hasta la actualidad.

Si hacemos una proyección de los costos que se podrían pagar al contratar con empresas proveedoras del servicio, si tuviesen enlace disponibles hasta Tiputini, se vería que es sumamente más barato contratar capacidades mayores, comparado con el servicio que actualmente contrata la Municipalidad de Aguarico.

El costo de 1536 x 512 sería de \$1.624 usd / mes en comparación con el internet que en costos actuales (a abril de 2014) es de \$ 79 usd / mes (más \$80 de inscripción), siendo 21 veces menor.

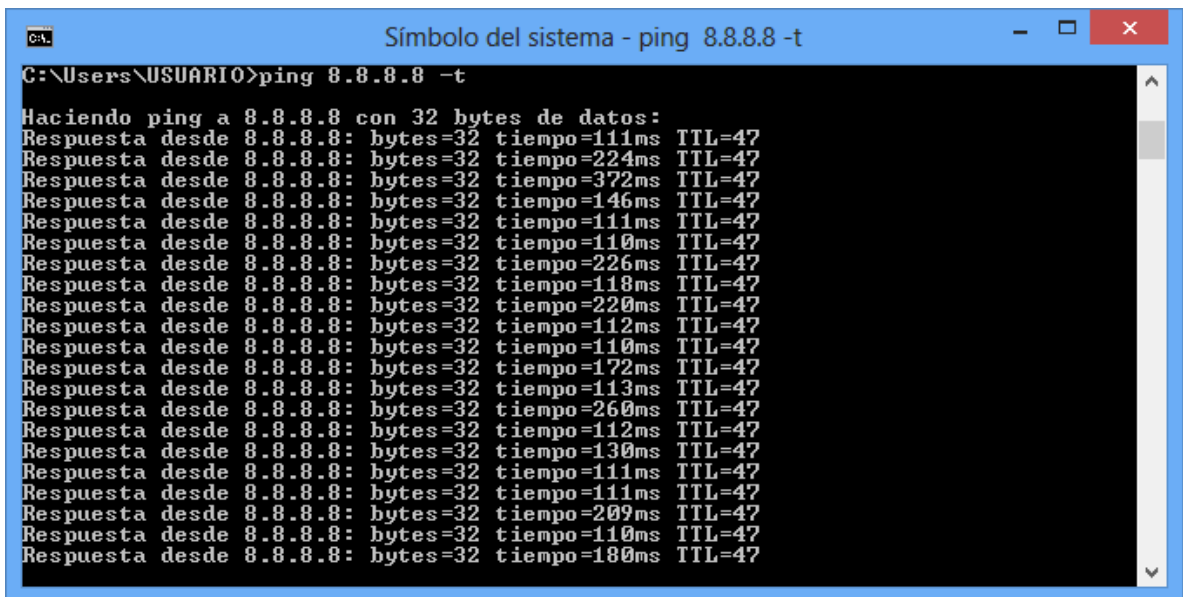
Tabla 2 Tarifas del servicio de internet corporativo CNT

INTERNET CORPORATIVO ASIMÉTRICO 2F	Tarifa (USD)	Inscripción (USD)
ADSL CORPORATIVO 512X256	\$ 49.50	\$ 80.00
ADSL CORPORATIVO 1024X512	\$ 59.50	\$ 80.00
ADSL CORPORATIVO 1542X512	\$ 79.00	\$ 80.00
ADSL CORPORATIVO 2048X768	\$ 99.00	\$ 80.00
ADSL CORPORATIVO 3042X768	\$ 140.00	\$ 80.00
ADSL CORPORATIVO 4000X768	\$ 170.00	\$ 80.00
ADSL CORPORATIVO 5000X768 (Nuevo Plan)	\$ 200.00	\$ 80.00

Adaptada de: Corporación Nacional de Telecomunicaciones

A nivel satelital el ancho de banda es limitado, la banda ku presenta muchos problemas de pérdida de señal en lugares donde existe mucha presencia de lluvia, como es el caso del Cantón aguarico que se encuentra

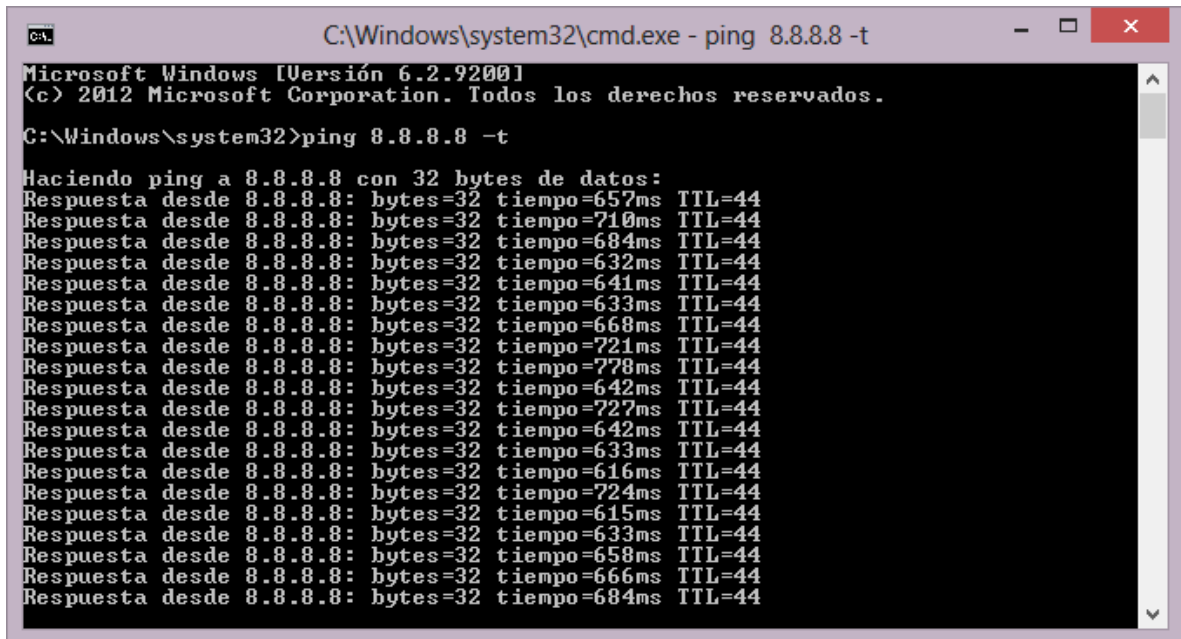
ubicado en una zona selvática. Los tiempos de respuesta en un enlace satelital son el doble o a veces mayores de lo que se consigue con una transmisión terrestre. En la imagen 2 se muestra los tiempos de respuesta actuales del enlace satelital de la municipalidad en condiciones climáticas normales, y en la imagen 3 los tiempos de respuesta de un enlace terrestre ADSL, haciendo un comparación los tiempos de un enlace satelital son más del doble de un enlace terrestre como se indicó en el literal 2.2.2.1.1.



```
C:\Users\USUARIO>ping 8.8.8.8 -t

Haciendo ping a 8.8.8.8 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=111ms TTL=47
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=224ms TTL=47
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=372ms TTL=47
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=146ms TTL=47
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=111ms TTL=47
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=110ms TTL=47
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=226ms TTL=47
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=118ms TTL=47
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=220ms TTL=47
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=112ms TTL=47
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=110ms TTL=47
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=172ms TTL=47
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=113ms TTL=47
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=260ms TTL=47
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=112ms TTL=47
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=130ms TTL=47
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=111ms TTL=47
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=111ms TTL=47
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=209ms TTL=47
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=110ms TTL=47
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=180ms TTL=47
```

Imagen 2 Tiempos de respuesta de un enlace satelital



```
C:\Windows\system32\cmd.exe - ping 8.8.8.8 -t
Microsoft Windows [Versión 6.2.9200]
(c) 2012 Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.
C:\Windows\system32>ping 8.8.8.8 -t

Haciendo ping a 8.8.8.8 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=657ms TTL=44
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=710ms TTL=44
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=684ms TTL=44
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=632ms TTL=44
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=641ms TTL=44
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=633ms TTL=44
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=668ms TTL=44
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=721ms TTL=44
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=778ms TTL=44
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=642ms TTL=44
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=727ms TTL=44
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=642ms TTL=44
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=633ms TTL=44
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=616ms TTL=44
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=724ms TTL=44
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=615ms TTL=44
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=633ms TTL=44
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=658ms TTL=44
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=666ms TTL=44
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=684ms TTL=44
```

Imagen 3 Tiempos de respuesta de una conexión terrestre ADSL

2.2.3 Redes microondas terrestres

Las redes microondas terrestres han brindado solución a los problemas de transmisión de datos sin importar cuales sean, se denomina microonda ya que la longitud de onda de esta banda es muy pequeña, resultado de dividir la velocidad de la luz entre la frecuencia en Hertz.

Este medio de transmisión tiene varias décadas de uso, en el pasado las compañías telefónicas se aprovecharon de su capacidad para la transmisión de tráfico de voz, paulatinamente las operadoras han remplazo el corazón de ña red a fibra óptica, quedando como respaldo la red microondas.

Las redes microondas terrestres siguen conformando un medio de comunicación muy efectivo para la interconexión de bancos, mercados, tiendas departamentales, radios bases celulares y zonas rurales. (Rosero, 2007, pág. 1)

Las redes microondas están asociadas al descubrimiento y explotación de la radiación electromagnética, las microondas son ondas de radio generadas a muy altas frecuencias tienen longitudes de onda que van desde los 100 centímetros a un milímetro, su rápida instalación ha permitido que empresas telefónicas en el pasado hayan utilizado esta tecnología para construir sus infraestructuras de backbone.

Para el caso de estudio de las redes microondas hemos seleccionado el enlace utilizado por la empresa **PETROPRODUCCIÓN**, que se encuentra actualmente en funcionamiento.

2.2.3.1 Experiencias en el uso de redes microondas en entorno rural

La empresa Petroproducción tiene implantado un backbone de microondas que conecta el distrito Quito con el distrito amazónico como se observa en la imagen 4, el cual permite establecer comunicación tanto de voz y datos entre los departamentos de la institución ubicados tanto en la ciudad de Quito como en la Amazonia.

Esta infraestructura ofrece el transporte de un volumen de información equivalente a 16 E1s (Cada E1 corresponde a 30 canales de información), de los cuales 4E1 son asignados para la utilización de voz y datos, los restantes canales (12E1s) están disponibles para nuevas aplicaciones como video conferencia, el incremento de nuevas líneas telefónicas o para dar servicio a otras filiales de Petroecuador. De los 4 E1s asignados para Voz y datos, dos están utilizados para la comunicación telefónica y uno se lo utiliza para llevar datos entre los distritos Quito y Amazónico, el sobrante E1 sirve para dar servicios alternados de voz y datos, dependiendo de las necesidades de la empresa, o como respaldo de algún E1 que en algún momento presente un mal funcionamiento. (Rosero, 2007)

El backbone de microondas de Petroproducción que conecta al distrito Quito con el distrito Amazónico posee una alta capacidad de transporte de voz y datos, cuya capacidad cubre las necesidades actuales y futuros de los diferentes distritos conectados, siendo las tecnologías de redes microondas un medio muy efectivo y de alta disponibilidad en lugares remotos y de difícil acceso.

Estudio para la implementación de una infraestructura troncal de telecomunicaciones que permita al Municipio de Aguarico brindar servicios de internet a la parroquia Tiputini

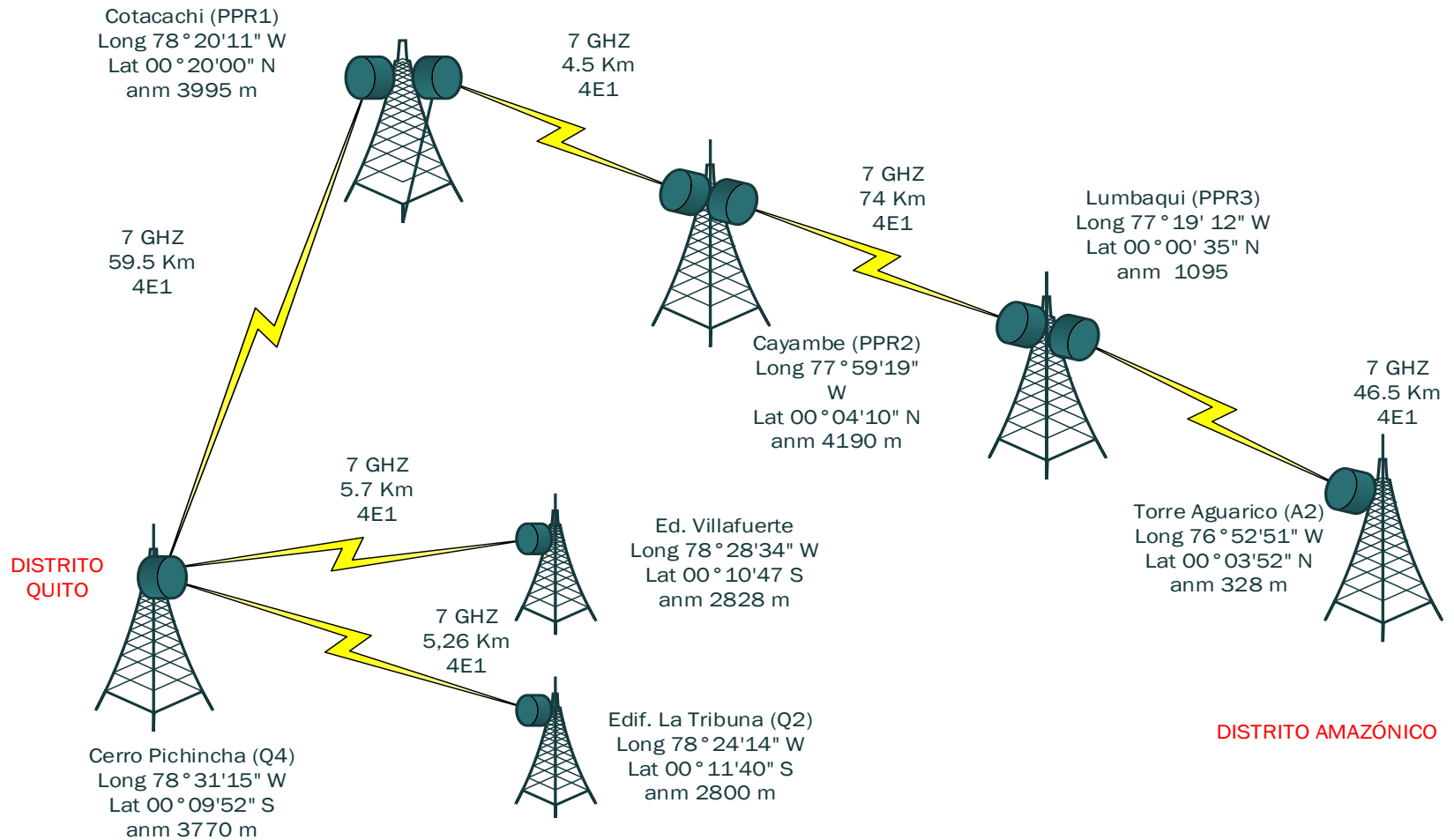


Imagen 4 Sistema de comunicaciones de Petroproducción

Adaptado de: Tesis ESPN

Autor: Julio Rodrigo Cabrera Reyes

La infraestructura de microondas de Petroproducción también provee servicios a Petroecuador, utilizando uno de sus enlaces (cerro Pichincha y el edificio Matriz) se transportan datos provenientes del distrito Guayaquil, Laboratorio de geología (en San Rafael) y Gerencia de Oleoducto, que por medio de enlaces independientes llegan al cerro Pichincha y cuyo destino es el edificio matriz; sumando a estos enlaces está el edificio la tribuna donde funciona la gerencia administrativa de Petroproducción que en conjunto producen un mayor tráfico a este enlace (11 E1s), véase la imagen 5

El objetivo principal del sistema de microondas de Petroproducción es transportar información proveniente de los edificios Matriz (3 E1) y la Tribuna (1E1) de Quito hacia la estación Aguarico en la región Amazónica y viceversa, para ello los equipos microondas TRUEPOINT distribuyen los datos ingresados en forma de E1s.

Se puede apreciar la distribución de los 11 E1s en los equipos que trabajan dentro del enlace cerro Pichincha y el edificio matriz, y libres 5 E1s para futuras aplicaciones de voz y datos. (Rosero, 2007)

Varias empresas petroleras en la región Amazónica utilizan los enlaces de microondas para establecer comunicaciones entre sus diferentes campamentos instalados, debido a que esta tecnología se ha constituido en una

buena alternativa para el transporte de voz y datos. En la región Amazónica existe una escasa penetración de las redes de fibra óptica especialmente en lugares donde existe baja densidad de población lo que no es atractivo para los operadores de telecomunicaciones.

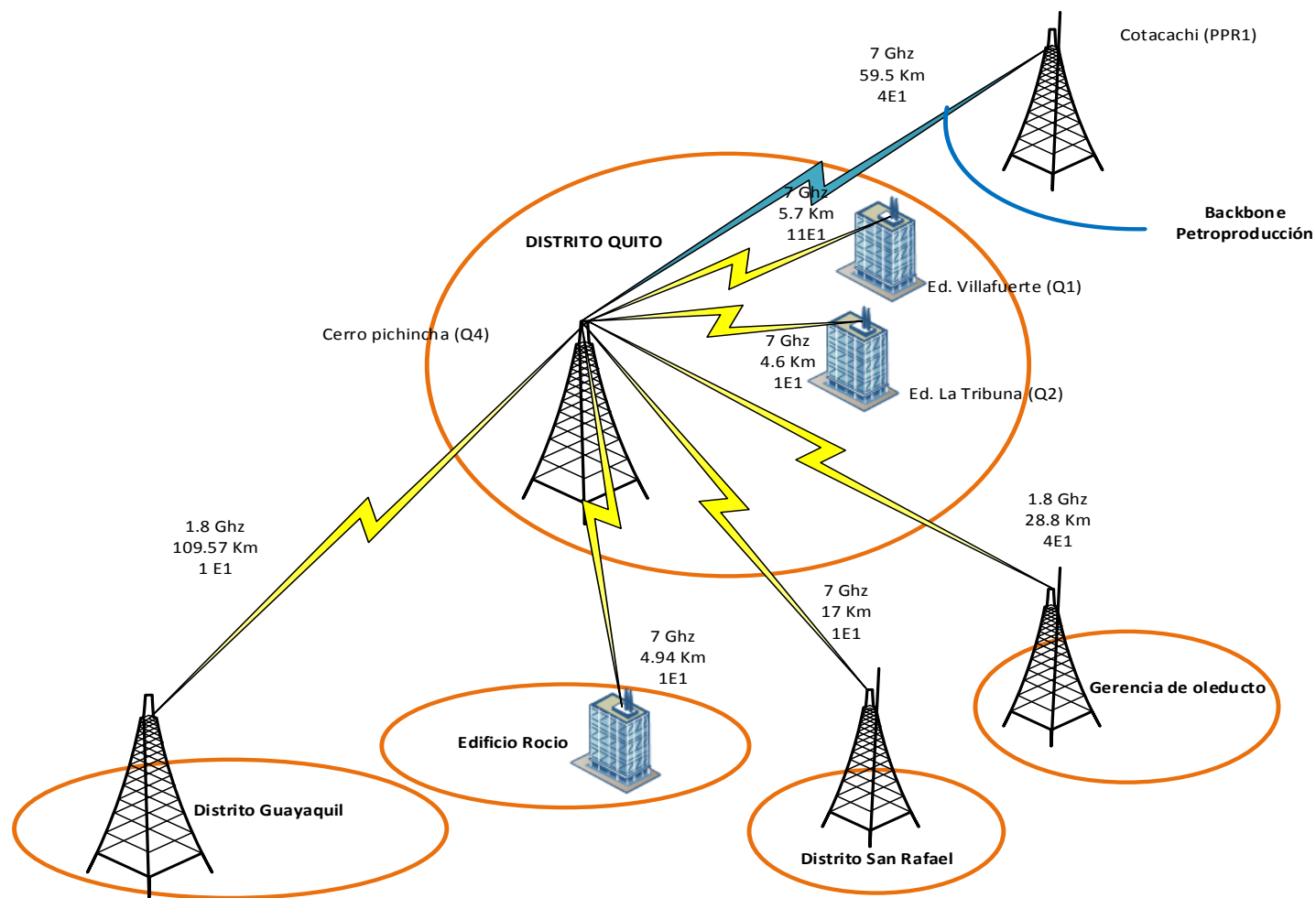


Imagen 5 Tráfico en el enlace cerro Pichincha - edificio Villafuerte

Adaptado de: Tesis ESPN

2.3 Selección de la tecnología a ser utilizada

La primera tecnología analizada fue las redes microondas, en la cual se presentó un caso de estudio sobre la instalación de esta tecnología en entornos rurales de África, las cuales constituyen una buena alternativa para proveer banda ancha. Por otro lado tenemos las redes satelitales que son ampliamente utilizadas en entornos rurales y de difícil acceso por su factibilidad de instalación, pero su desventaja está en la disponibilidad de ancho de banda y en la enorme latencia. Finalmente tenemos las comunicaciones inalámbricas que son utilizadas por empresa petroleras, bancos entre otras, en las cuales la transmisión de las señales se la realiza usando el aire como medio. En este caso, ya que las señales están expuestas a cualquier variación del exterior, son más vulnerables a la interferencia y a la atenuación. Además, debido a que el espectro radioeléctrico es un recurso escaso, la capacidad obtenida por enlace será menor que la de tecnologías de redes cableadas. A pesar de esta comparación a favor de las redes cableadas, el modelo puede cambiar cuando se trata de zonas rurales. La implementación de redes cableadas en trayectos complicados e inseguros puede llegar a frustrarse. Por otra parte debido a que en zonas rurales hay menor o casi nula presencia de otras señales electromagnéticas, las redes inalámbricas ganan fuerza debido a que serán menos proclives a interferirse. Además, el despliegue siempre será menos

costoso. Las comunicaciones inalámbricas fijas para zonas rurales ofrecen una solución atractiva y especialmente adecuada para estos escenarios.

Para la selección de la tecnología se tiene que tomar en cuenta factores generales que se refieren a las ventajas y desventajas de cada una de ellas; que a su vez son dependientes de las condiciones de la zona en donde se implementarán los equipos de la plataforma tecnológica de telecomunicaciones:

Tabla 3 Ventajas y desventajas de las tecnologías de telecomunicaciones

ASPECTOS	SATELITAL		MICROONDAS		FIBRA ÓPTICA	
	VENTAJAS	DESVENTAJAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Accesibilidad o disponibilidad de rutas de acceso a los posibles sitios de instalación	Tiene la mayor facilidad de instalación, ya que solo consta de un repetidor satelital y una antena, el mantenimiento lo realiza la empresa proveedora del servicio			Requieren que existan condiciones e infraestructura previa como torres, línea de vista entre las microondas. Además de vías de acceso a las torres donde se instalan los equipos		Teóricamente se puede instalar el medio de comunicación (fibra óptica) en cualquier espacio geográfico, pero se necesita, abrir caminos, estudios de impacto ambiental de acuerdo al lugar donde se instale, mantenimiento de vías de acceso haciéndolo inviable de acuerdo a los montos de inversión.

Continúa

Estudio para la implementación de una infraestructura troncal de telecomunicaciones que permita al Municipio de Aguarico brindar servicios de internet a la parroquia Tiputini

Distancias de los puntos a enlazar	Permite enlazar cualquier punto por más distante que se encuentre alrededor del planeta		Permite enlazar varios kilómetros, siempre y cuando exista línea de vista, también se deberá hacer uso de repetidores ubicados en puntos específicos		Puede enlazar puntos que estén muy distantes en el orden de los miles de kilómetros que pueden ser ciudades o continentes, haciendo uso de repetidores ópticos a cierta distancia	
Capacidad de transporte de información		Tiene una capacidad limitada de transmisión y enormes latencias en lugares con alta presencia de lluvias como el Cantón Aguarico	Permite transportar gran cantidad de información varios E1s, los cuales son aceptables para aplicaciones específicas de hoy en día como voz, datos, video.		Ninguna tecnología supera a la fibra óptica en su capacidad de transporte la cual puede soportar todas las aplicaciones actuales y futuras, son apropiadas para despliegues masivos	

Estudio para la implementación de una infraestructura troncal de telecomunicaciones que permita al Municipio de Aguarico brindar servicios de internet a la parroquia Tiputini

Costo de instalación y mantenimiento de equipos	Los costos de instalación y mantenimientos no son elevados, ya que su infraestructura no ocupa mucho espacio y es fácil de transportar, el mantenimiento corre a cargo de la empresa proveedora del servicio.			Requieren la adquisición e instalación de torres, transporte de materiales, mantenimiento de las torres cada cierto tiempo dependiendo del clima. Por lo cual la inversión inicial es costosa.		Requerirá la adquisición e instalación de postes o torres, maquinaria para la apertura de vías, para el transporte de materiales, si es subterránea o enterrada la construcción de los ductos o el enterramiento de la misma, contenedores especiales para los equipos. De igual forma la energía eléctrica local o pública para los equipos repetidores o terminales, factibilidad ambiental de acuerdo al área de afectación, lo cual encarece su implementación en zonas rurales en cuanto al costo beneficio
-------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Continúa

Estudio para la implementación de una infraestructura troncal de telecomunicaciones que permita al Municipio de Aguarico brindar servicios de internet a la parroquia Tiputini

Costo por servicios prestados		El costo de contratar un enlace a través de este servicio es muy elevado el costo de un Mega por un mes es de aproximadamente 3000 dólares.	El costo a través de este medio de comunicación es bajo dependiendo del ancho de banda contratado.		Los costos del servicio a través de este medio son similares a los entregados por medio de fibra óptica.	
-------------------------------	--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------	--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

Elaborado por: Julio Cabrera

Se presenta un cuadro discriminativo, que será evaluado en base a los factores que se presentaron en la tabla 3 , con calificaciones entre -12 a 12, siendo valores positivos las ventajas y valores negativos las desventajas. Los valores de 12 y -12 son tomados de acuerdo al criterio del investigador para poder establecer una puntuación adecuada a cada tecnología.

Tabla 4 Evaluación de las tecnologías de telecomunicaciones

Dependencia de factores	Redes de fibra óptica	Redes satelitales	Redes de enlaces microondas
1. Accesibilidad o disponibilidad de rutas de acceso a los posibles sitios de instalación.	-12	12	-6
2. Distancias de los puntos a enlazar.	9	12	8
3. Capacidad de transporte de información.	12	-12	10
4. Costo de instalación y mantenimiento de equipos.	-12	10	-6
5. Costo de servicios prestados	12	-12	12
Totales	9	10	18

Elaborado por: Julio Cabrera

De los resultados obtenidos en base a las comparaciones de las ventajas y desventajas de cada una de las tecnologías propuestas; se determina que las redes de fibra óptica y microondas son de mayor dificultad de acceso a los puntos de instalación, y de igual forma a las distancias de los puntos de enlace. Siendo aparentemente la red satelital la más opcionada, pero por su baja

capacidad de transporte de información y costos elevados en los servicios contratados queda descartada ya que no cubriría la demanda requerida.

Con respecto a la fibra óptica se evidencia que posee gran capacidad de transporte de información, llegando a cubrir grandes distancias al enlazar diferentes puntos, lo cual sería beneficioso porque cubre con la demanda estimada; pero por su elevados costos de instalación y considerando que el proyecto se desarrollará en la zona selvática que se encuentra dentro del Sistema Nacional de Área protegidas , se requerirá de estudios previos a la Autorización de instalación lo cual incrementaría desmedidamente el costo, quedando invalido el costo beneficio.

Las redes microondas a pesar de poseer algunas desventajas en relación a la fibra óptica y las redes satelitales se puede observar que éstas son bajas; su capacidad de transporte de datos cubriría la demanda estimada y su bajo costo en los servicios a ser transportados en relación a los enlaces satelitales permitirá su implementación como la alternativa más viable para el proyecto

CAPITULO III

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

En el presente capítulo primeramente se dará a conocer como está estructurada la red troncal de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones que nos permitirá determinar hasta qué lugar esta empresa llega con el servicio de internet además del ancho de banda disponible; para posteriormente presentar el diseño de la infraestructura troncal haciendo uso de las redes microondas.

3.1 Infraestructura troncal de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones

Antes de definir la topología que se necesita para la implementación de la infraestructura de red microondas que permita enlazar la parroquia Limoncocha con la parroquia Tiputini, daremos a conocer como está constituida la red troncal de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT), de la cual obtendremos el servicio de internet para ser transportado hasta la parroquia Tiputini. Actualmente el único operador que llega hasta la parroquia Limoncocha del Cantón Shushufindi con los servicios de internet a través de

Los Multiplexores ópticos (ADM) permiten cursar grandes cantidades de tráfico. En la siguiente tabla se indica las capacidades de los enlaces disponibles de la CNT E.P.:

Tabla 6 Capacidad de los enlaces de la CNT

Sitio A	Sitio B	Capacidad de enlace instalado	Capacidad Ocupada			Disponibilidad	
			VC4	VC3	VC12	E1's	Mbits
Iñaquito (Quito)	El Chaco	STM-64	26	2	157	2195	4390
El Chaco	Lago Agrio	STM-64	26	6	177	2091	4182
El Coca	Lago Agrio	STM-64	25	5	72	2280	4560
Lago Agrio	Juvino	STM-16	2	2	73	767	1534
Juvino	Shushufindi	STM-16	2	2	61	779	1558
Shushufindi	Limoncocha	STM-16	0	0	10	998	1996

Fuente: Corporación Nacional de Telecomunicaciones

Elaborado por: Julio Cabrera

Para visualizar mejor la capacidad que brinda las jerarquías de transmisión SDH en los niveles STM-N, se presenta una tabla con cada una de las equivalencias.

Tabla 7 Capacidad de transmisión en enlaces de fibra óptica

Jerarquía	Equivalencia en:		Detalles
SDH	E1'S	Mbps	
STM-1	63	155 Mbit/s	8000 * (270 octetos * 9 filas * 8 bits)
STM-4	252	622 Mbit/s	4 * 8000 * (270 octetos * 9 filas * 8 bits)
STM-16	1008	2.5 Gbit/s	16 * 8000 * (270 octetos * 9 filas * 8 bits)
STM-64	4032	10 Gbit/s	64 * 8000 * (270 octetos * 9 filas * 8 bits)
STM-256	16128	40 Gbit/s	256 * 8000 * (270 octetos * 9 filas * 8 bits)

Fuente: Wikipedia

Elaborado por: Julio Cabrera

3.2 Propuesta del diseño de la infraestructura de telecomunicaciones

Limoncocha - Tiputini

Con la finalidad de tener una mejor apreciación de la infraestructura que se pretende implementar en el recorrido Limoncocha – Tiputini, a continuación se presenta un diagrama de la arquitectura propuesta.

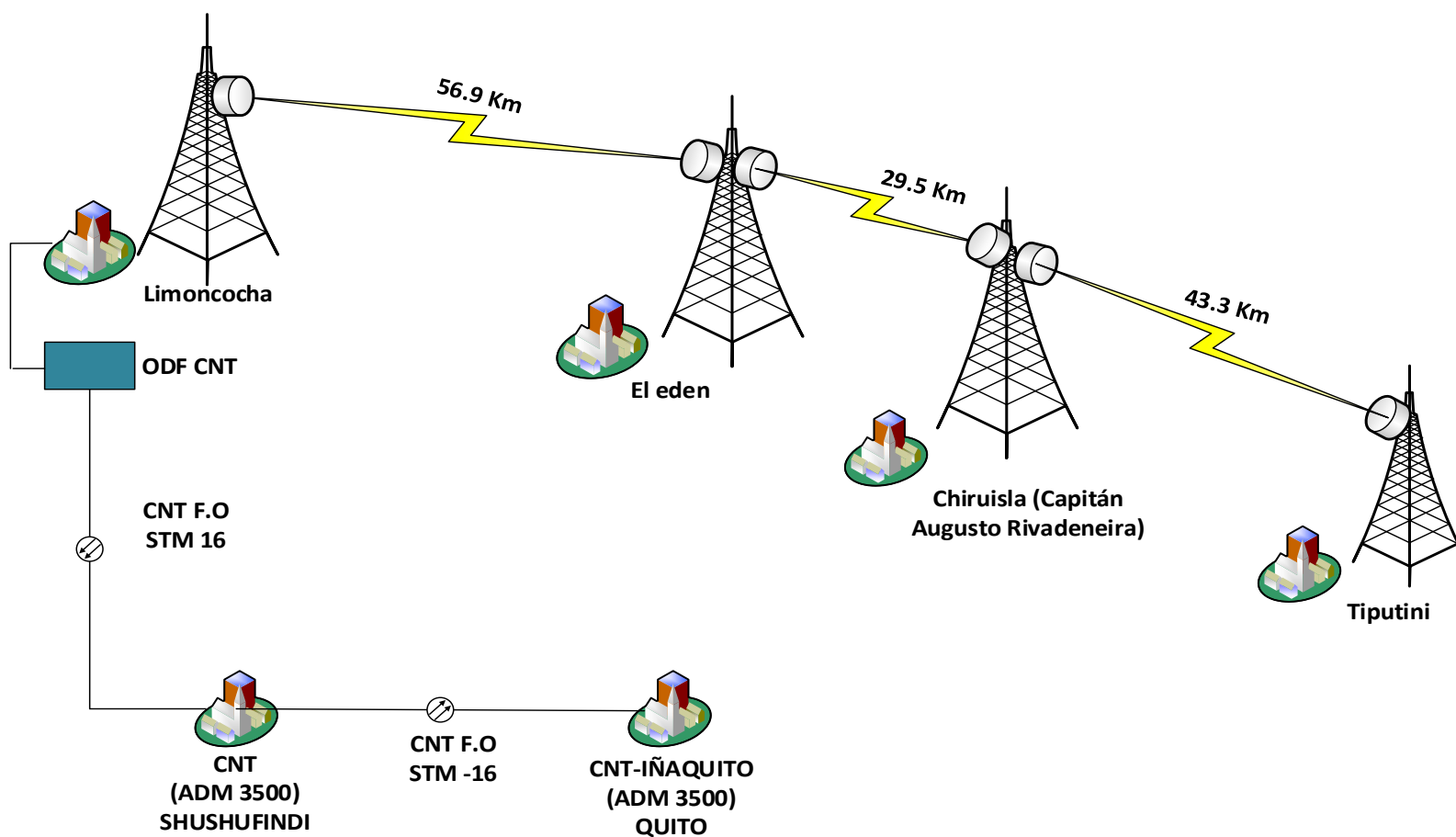


Imagen 7 Propuesta para implementación de la infraestructura troncal

3.2.1 Ubicaciones geográficas de los enlaces

La ubicación geográfica donde se encuentran ubicados los diferentes puntos donde se instalarán cada una de las infraestructuras son las siguientes.

Tabla 8 Información geográfica de los puntos a enlazar

Estación	Latitud	Longitud
Limoncocha (Población)	00° 24' 52" S	76° 37' 32" W
El Edén	00° 30' 23" S	76° 05' 39" W
Capitán Rivadeneira	00° 37' 42" S	75° 52' 52" W
Población Tiputini	00° 47' 45" S	75° 32' 32" W

Fuente: IGM

Elaborado por: Julio Cabrera

3.2.2 Diseño de la ruta Limoncocha - Tiputini

El diseño estará orientado al cálculo del nivel de señal recibida en cada enlace, la cual dependerá de la sumatoria de los parámetros enmarcados dentro de la figura 9, en esta también se presenta cual deberá ser el valor de la señal recibida frente a la sensibilidad del receptor



Imagen 8 Nivel de señal recibida

Adaptado de: Tesis ESPN

Los parámetros de pérdida y ganancia se los determinará teniendo en cuenta las características propias de los equipos microondas y las antenas a utilizar en el diseño de cada enlace. Posteriormente se realizará una simulación con el software radio Mobile para corroborar la factibilidad de los enlaces, conforme se mostraran en cada una las imágenes resultado de las simulaciones.

Como un método explicativo y descriptivo del procedimiento para el diseño de un radio enlace, se desarrollara utilizando una hoja de cálculo interactiva donde programaremos las formulaciones con los parámetros a evaluar, hasta que se pueda obtener valores deseados y/o esperados de potencia e infraestructura viable.

La condición necesaria y suficiente es que exista línea de vista entre las dos antenas que conectarán los enlaces radioeléctricos entre los dos puntos. El enlace radio-eléctrico produce una zona de propagación de la energía electromagnética conocido como zonas de fresnel. Estas zonas se distribuyen en bandas, las cuales van disminuyendo su aporte de energía portadoras. Es por ello que para fines prácticos se espera tener a la primera zona de fresnel libre de obstáculos en su propagación, puesto que es la que transporta el mayor porcentaje de la energía propagada (prácticamente un 62%). Esta zona se ensancha en la mitad del enlace, el cual determina las alturas a las cuales deberán ser instaladas las antenas.

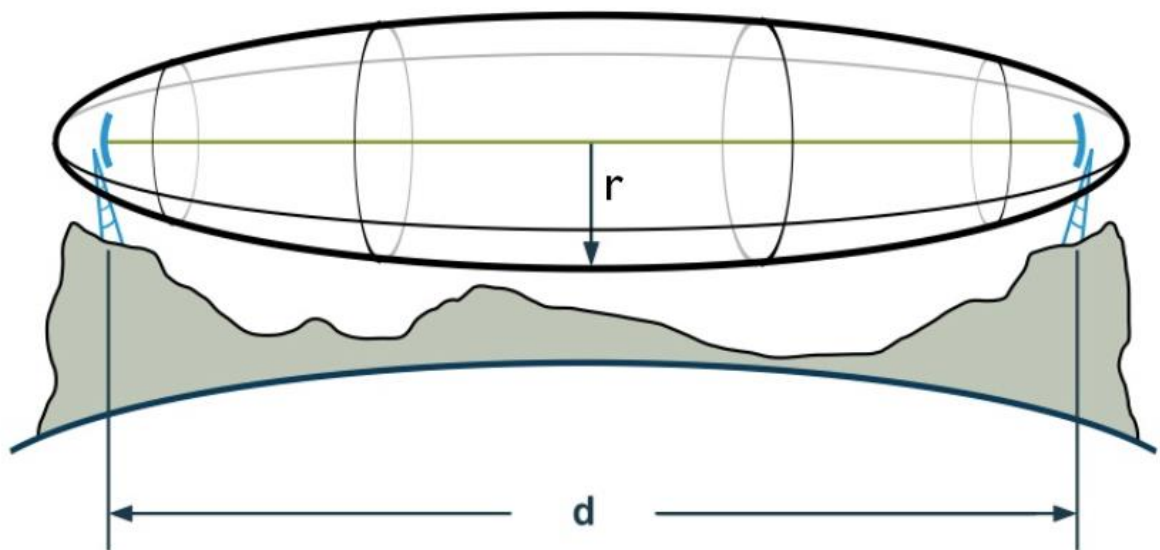


Imagen 9 Zona de fresnel

Adaptado de: Eslared

La frecuencia a la que trabajarán las microondas afecta tanto a la zona de fresnel como a las pérdidas de potencia; estas son pérdidas en el espacio libre como en los elementos de los sistemas de alta frecuencia. Se conoce que a mayor frecuencia se tiene mayores pérdidas por absorción de lluvia, pero menor ancho de zonas de fresnel, es decir menor altura de torres y dimensiones de antenas. El escogimiento tiene el compromiso con la capacidad de transmisión (velocidad de transmisión), bajar costos con alturas pequeñas en las torres.

Actualmente las frecuencias más usadas están en las bandas de 7, 8, 14 GHz. Normalmente la canalización y la frecuencia a ser usada es determinada por la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPERTEL), conforme el plan de frecuencias presentado y permisible, de tal forma que no causen interferencias a los otros enlaces existentes en la zona. Por ejemplo las frecuencias que se desearía usar son las que actualmente están generalizadas en la red de microondas disponibles en radios SDH con capacidad de STM-1.

Tabla 9 Frecuencias a ser utilizadas

Banda de frecuencias de 8 GHz.	
Frecuencia de Tx (MHz)	Frecuencia de Rx (MHz)
8412	8286
7926	8192
8178	7912

Fuente: Investigación propia

Elaborado por: Julio Cabrera

3.2.2.1 Cálculo de la distancia de los enlaces

Para el cálculo de la distancia del enlace se considerara la equivalencia de 111,32 Km, por cada grado de longitud o latitud, dentro del sistema geográfico de superficie por estar en la zona tropical de la línea ecuatorial. Se determinará con el cálculo respectivo la distancia existe entre los puntos, así como las correspondientes atenuaciones.

Formula:

$$D = \sqrt{(\Delta Long * 111.32)^2 + (\Delta Lat * 111.32)^2 + (\Delta h)^2}$$

Δh en Km. entonces D dará en Km

Calculo de la distancia entre en enlace Limoncocha – El Edén

$$\Delta Long = Long(Limoncocha) - Long(El Eden)$$

$$= 76,62^{\circ} - 76,12^{\circ} = 0,5^{\circ}$$

$$\Delta Lat = Lat(Limoncocha) - Lat(El Eden)$$

$$= 0,41^{\circ} - 0,52^{\circ} = -0,11^{\circ}$$

$$\Delta h = h(Limoncocha) - h(El Eden)$$

$$= 255 \text{ m} - 234 \text{ m} = 21 \text{ m} \rightarrow 0,021 \text{ km}$$

La distancia entre los Puntos Limoncocha y El Edén es de 56.9 km.

Calculo de la distancia entre el enlace El Edén - Capitán Augusto Rivadeneira

$$\Delta Long = Long(El Eden) - Long(Capitán Augusto Rivadeneira)$$

$$= 76,12^{\circ} - 75,87^{\circ} = 0,25^{\circ}$$

$$\Delta Lat = Lat(El Eden) - Lat(Capitán Augusto Rivadeneira)$$

$$= 0,52^{\circ} - 0,61^{\circ} = -0,09^{\circ}$$

$$\Delta h = h(El Eden) - h(Capitán Augusto Rivadeneira)$$

$$= 324 \text{ m} - 223 \text{ m} = 11 \text{ m} \rightarrow 0,011 \text{ km}$$

La distancia entre los Puntos Limoncocha y El Edén es de 29,57 km

Calculo de la distancia entre el enlace Capitán Augusto Rivadeneira - Tiputini

$$\Delta Long = Long(Capitán Augusto Rivadeneira) - Long(Tiputini)$$

$$= 75,87^\circ - 75,52^\circ = 0,35^\circ$$

$$\Delta Lat = Lat(Capitán Augusto Rivadeneira) - Lat(Tiputini)$$

$$= 0,61^\circ - 0,78^\circ = -0,17^\circ$$

$$\Delta h = h(Capitán Augusto Rivadeneira) - h(Tiputini)$$

$$= 223 \text{ m} - 215 \text{ m} = 8 \text{ m} \rightarrow 0,008$$

La distancia entre los Puntos Capitán Augusto Rivadeneira y Tiputini es de 43,31 km

Las distancias en línea recta entre los puntos de estaciones repetidoras según los cálculos realizados son los siguientes:

Tabla 10 Distancias entre estaciones

Estaciones	El Edén	Capitán Rivadeneira	Población Tiputini (CNT EP)
Limoncocha	56,9 (km)		
El Edén		29,5 (km)	
Capitán Rivadeneira			43,3 (km)

Elaborado por: Julio Cabrera



Imagen 10 Distancias entre estaciones

Elaborado por: Julio Cabrera

3.2.2.2 Calculo de las zonas de fresnel

En el procedimiento de cálculo primero determinaremos las alturas de las antenas y con ello el de las torres, evaluadas en las tres bandas de frecuencias indicadas y en las distancias entre las estaciones o saltos origen – destino; Para ello usaremos las formulaciones de la zona de fresnel, contrastado con el perfil terrestre corregido, el cual es la altura de cada punto importante del perfil geográfico de acuerdo al rayo electromagnético directo.

Formula:

$$r_{Fn} = \sqrt{\frac{n\lambda d_1 d_2}{d}}$$

Formula:

$$h_{total} = h_x + h_{abul} = \frac{d_1 d_2}{2kr_t}$$

Para obtener los márgenes de visibilidad de cada enlace se ingresará la altura de las torres A y B las cuales se incrementará hasta obtener un margen no negativo, para ello se considera los datos de la frecuencia y de la columna altura punto x que en total son trece muestras. Es decir que no exista obstrucción de la primera zona de fresnel $r_{fresnel1}$

3.2.2.2.1 Zona de fresnel Limoncocha – Edén

A continuación se presenta una tabla con los cálculos realizados para la primera zona de fresnel del enlace, así como como una representación gráfica de los mismos.

Tabla 11 Cálculo de la zona de fresnel Limoncocha - El Edén

Limon Cocha – El Edén		Cálculos para graficar									
		Unidad	N°	Radio fresnel 1 (m)	Abultamiento (m)	Distancia x de A (d1) m	Altura del punto x	Perfil corregido	Gráfico de LOS	Gráfico Zona 1 de fresnel	Margen de visibilidad R _{r1}
Distancia total enlace (d)=	56,900	M	1	0,00	0	0,00	255	255,00	355	355,00	100,00
Altura estación A =	255	M	2	12,77	14,56	4741,67	254	268,56	353	340,48	71,92
Altura estación B =	234	M	3	17,21	26,47	9483,33	260	286,47	352	334,29	47,81
frecuencia =	8,000	MHz	4	20,00	35,74	14225,00	258	293,74	350	329,75	36,01
K =	1,333333	Estándar	5	21,78	42,35	18966,67	246	288,35	348	326,22	37,87
Altura de Torre en A =	100	M	6	22,77	46,33	23708,33	236	282,33	346	323,48	41,15
Altura de Torre en B =	100	M	7	23,10	47,65	28450,00	246	293,65	345	321,40	27,75
Altura (A + torre A) =	355	M	8	22,77	46,33	33191,67	264	310,33	343	319,98	9,65
Altura (B + torre B) =	334	M	9	21,78	42,35	37933,33	261	303,35	341	319,22	15,87
lambda =	0,037500		10	20,00	35,74	42675,00	239	274,74	339	319,25	44,51
m (pendiente) =	-0,00037		11	17,21	26,47	47416,67	241	267,47	338	320,29	52,81
Radio de la tierra =	6370000	M	12	12,77	14,56	52158,33	239	253,56	336	322,98	69,42
Altura árboles	20		13	0,00	0,00	56900,00	234	234,00	334	334,00	100,00
Punto medio =	4741,667		14								
			15	23,10	47,65			310,33			
			16	Max	Max			Max			

Fuente: Investigación propia

Elaborado por: Julio Cabrera

Para este enlace necesitaríamos torres de 100 metros de altura, trabajando en una frecuencia promedio de 8000 MHz

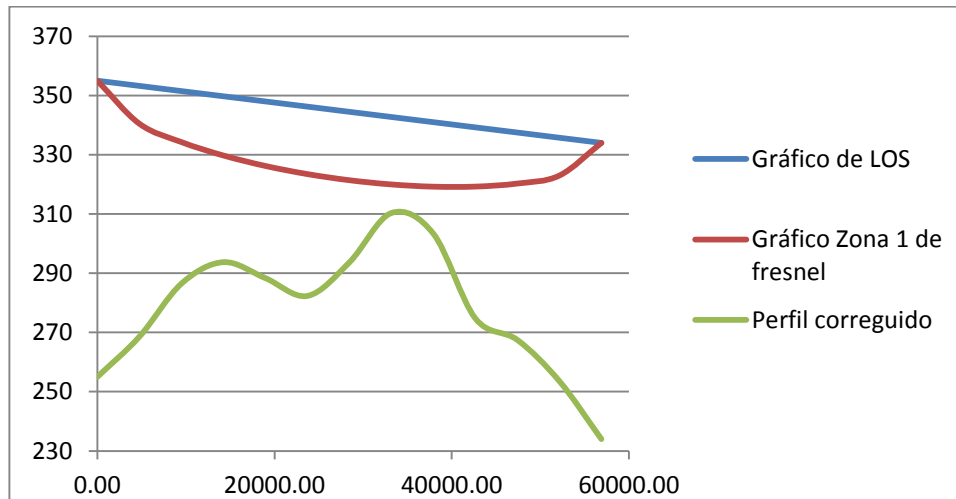


Imagen 11 Zona de Fresnel Limoncocha - El Edén

La imagen indica que la primera zona de fresnel se encuentra completamente libre, presentando un abultamiento máximo de 23,10 m, lo cual no interfiere con el enlace.

3.2.2.2.2 Zona de Fresnel El Edén – Capitán Augusto Rivadeneira

La siguiente tabla muestra los cálculos realizados para la primera zona de fresnel del enlace, además se incluye una representación gráfica de los mismos.

Tabla 12 Cálculo de la zona de fresnel El Edén - Capitán Augusto Rivadeneira

El Edén – Capitán Augusto Rivadeneira		Cálculos para graficar									
		Unidad	N°	Radio fresnel 1 (m)	Abultamiento (m)	Distancia x de A (d1) m	Altura del punto x	Perfil corregido	Gráfico de LOS	Gráfico Zona 1 de fresnel	Margen de visibilidad R _{f1}
Distancia total enlace (d)=	29,570	m	1	0,00	0	0,00	234	234,00	334	334,00	100,00
Altura estación A =	234	m	2	9,20	3,93	2464,17	233	236,93	331	321,80	84,86
Altura estación B =	223	m	3	12,41	7,15	4928,33	233	240,15	328	315,59	75,44
frecuencia =	8000	MHz	4	14,42	9,65	7392,50	225	234,65	325	310,58	75,93
K =	1,3333333	estándar	5	15,70	11,44	9856,67	216	227,44	322	306,30	78,86
Altura de Torre en A =	100	M	6	16,42	12,51	12320,83	222	234,51	319	302,58	68,07
Altura de Torre en B =	75	M	7	16,65	12,87	14785,00	229	241,87	316	299,35	57,48
Altura (A + torre A) =	334	M	8	16,42	12,51	17249,17	227	239,51	313	296,58	57,07
Altura (B + torre B) =	298	M	9	15,70	11,44	19713,33	225	236,44	310	294,30	57,86
lambda =	0,037500		10	14,42	9,65	22177,50	226	235,65	307	292,58	56,93
m (pendiente) =	-0,0012175		11	12,41	7,15	24641,67	225	232,15	304	291,59	59,44
Radio de la tierra =	6370000	M	12	9,20	3,93	27105,83	224	227,93	301	291,80	63,86
Altura árboles	20		13	0,00	0,00	29570,00	223	223,00	298	298,00	75,00
Punto medio =	2464,1667		14								
			15	16,65	12,87			241,87			
			16	Max	Max			Max			

Fuente: Investigación propia

Elaborado por: Julio Cabrera

Autor: Julio Rodrigo Cabrera Reyes

Para este enlace se necesita torres de 100 y 75 metros de altura, trabajando en una frecuencia promedio de 8000 MHz.

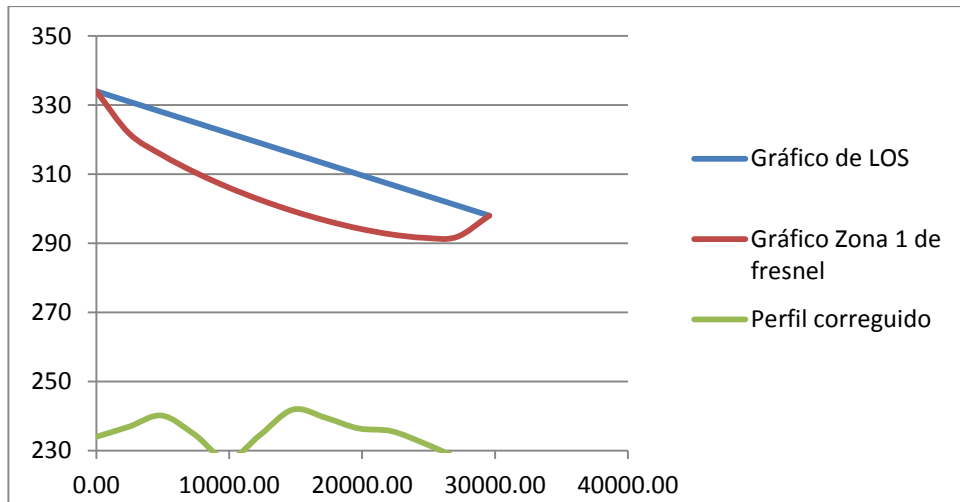


Imagen 12 Zona de Fresnel El Edén – Capitán Augusto Rivadeneira

Se puede observar que para este enlace el perfil del trayecto no interfiere con el enlace, esto debido a que se trabaja en una topología llana.

3.2.2.2.3 Zona de Fresnel Capitán Augusto Rivadeneira - Tiputini

A continuación se presenta los cálculos realizados para la primera zona de fresnel del enlace, así como como una representación gráfica de los mismos

Tabla 13 Cálculo de la zona de fresnel Capitán Augusto Rivadeneira - Tiputini

CAPITÁN AUGUSTO RIVADENEIRA – TIPUTINI		Unidad	N°	Radio fresnel 1 (m)	Abultamien to (m)	Cálculos para graficar					
						Distancia x de A (d1) m	Altura del punto x	Perfil corregido	Gráf ico de LOS	Gráfico Zona 1 de fresnel	Marg en de visibi lidad R _{f1}
Distancia total enlace (d)=	43,310	M	1	0,00	0	0,00	223	223,00	298	298,00	75,00
Altura estación A =	223	M	2	11,14	8,44	3609,17	221	229,44	297	286,19	56,76
Altura estación B =	215	M	3	15,02	15,34	7218,33	218	233,34	297	281,65	48,31
frecuencia =	8000	MHz	4	17,45	20,70	10827,50	216	236,70	296	278,55	41,84
K =	1,3333333	Estándar	5	19,00	24,54	14436,67	213	237,54	295	276,34	38,80
Altura de Torre en A =	75	M	6	19,87	26,84	18045,83	212	238,84	295	274,80	35,96
Altura de Torre en B =	75	M	7	20,15	27,61	21655,00	204	231,61	294	273,85	42,24
Altura (A + torre A) =	298	M	8	19,87	26,84	25264,17	199	225,84	293	273,46	47,63
Altura (B + torre B) =	290	M	9	19,00	24,54	28873,33	203	227,54	293	273,67	46,13
lambda =	0,037500		10	17,45	20,70	32482,50	206	226,70	292	274,55	47,84
m (pendiente) =	-0,0001847		11	15,02	15,34	36091,67	207	222,34	291	276,31	53,98
Radio de la tierra =	6370000	M	12	11,14	8,44	39700,83	205	213,44	291	279,53	66,09
Altura árboles	20		13	0,00	0,00	43310,00	215	215,00	290	290,00	75,00
Punto medio =	3609,1667		14								
			15	20,15	27,61			238,84			
			16	Max	Max			Max			

Fuente: Investigación propia

Elaborado por: Julio Cabrera

Para este enlace es necesario torres de 75 metros de altura, trabajando en una frecuencia promedio de 8000 MHz

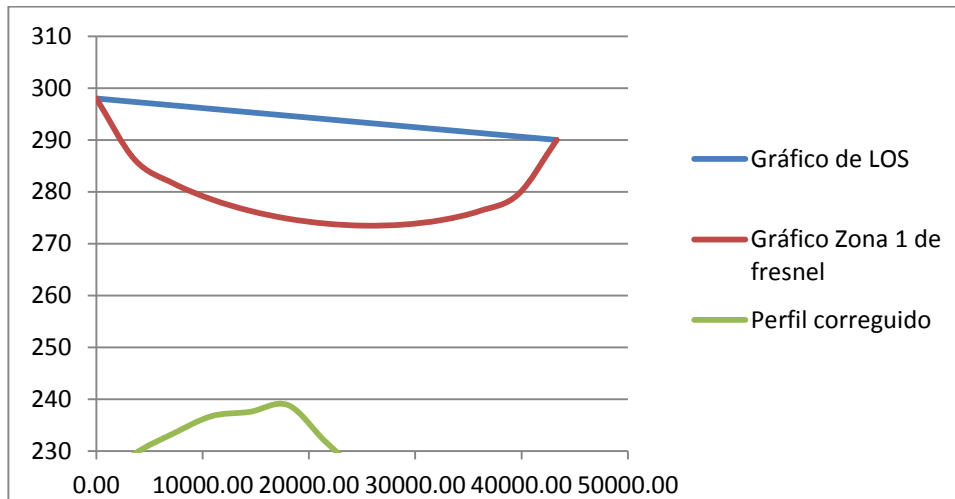


Imagen 13 Zona de Fresnel Capitán Augusto Rivadeneira - Tiputini

Para este enlace el radio de fresnel crece a un máximo de 20,15 m lo cual no afecta al enlace ya que se trabajará con torres de 75 metros de altura,

Una vez realizado los cálculos respectivos para cada enlace, se pondrá atención en las alturas de $h_{habul} + r_{fresnel1}$; en el punto donde el abultamiento sumado al perfil topográfico es un inconveniente y que cause obstrucción al radio de la zona de fresnel. Recordemos que en el punto medio del enlace es en donde es más alto tanto el abultamiento como el radio de la zona de fresnel, además adoptando la topografía llana de la amazonia ecuatoriana, usamos ponderadamente el abultamiento de la tierra y la altura de los árboles como

medidas a ser tomadas en cuenta. Como se mostró en los cálculos anteriores con torres de 75 y 100 metros existiría factibilidad para todos los enlaces sin afectación de la zona de Fresnel.

Tabla 14 Evaluación de zona de fresnel, respecto a las distancias y frecuencias del enlace

Enlace	Frecuencia de trabajo (MHz)	Distancia enlace (m)	Radio fresnel Max (m)	Abultamiento perfil terrestre Max (m)	Altura Min antenas (100% Rf1 con la vegetación de 20 m) (m)
El Edén - Tiputini	5600	72,300	31,12	76,95	128,07
Limoncocha - El Edén	5600	57,000	27,63	47,83	95,46
El Edén - Cap. A. Rivadeneira	5600	29,458	19,86	12,77	52,64
Cap. A. Rivadeneira – Tiputini	5600	42,957	23,99	27,16	71,15
El Edén - Tiputini	7000	72,300	27,83	76,95	124,78
Limoncocha - El Edén	7000	57,000	24,71	47,83	92,54
El Edén - Cap. A. Rivadeneira	7000	29,458	17,77	12,77	50,54
Cap. A. Rivadeneira – Tiputini	7000	42,957	21,45	27,16	68,62
El Edén - Tiputini	8000	72,300	26,03	76,95	122,99
Limoncocha - El Edén	8000	57,000	23,12	47,83	90,95
El Edén - Cap. A. Rivadeneira	8000	29,458	16,62	12,77	49,39
Cap. A. Rivadeneira – Tiputini	8000	42,957	20,07	27,16	67,23
El Edén - Tiputini	14000	72,300	19,68	76,95	116,63
Limoncocha - El Edén	14000	57,000	17,47	47,83	85,30
El Edén - Cap. A. Rivadeneira	14000	29,458	12,56	12,77	45,34
Cap. A. Rivadeneira – Tiputini	14000	42,957	15,17	27,16	62,33

Fuente: Investigación propia

Elaborado por: Julio Cabrera

Se ha calculado en varias frecuencias, con el propósito de dar a conocer la dependencia que existe entre las alturas de las antenas con la frecuencia. Nótese que en rangos cercanos de frecuencias se producen cambios en las alturas de las antenas.

En la tabla 14 evidenciamos que la frecuencia de trabajo y distancias de los enlace influyen directamente en la altura de instalación de las antenas. Nuestra propuesta es trabajar en la banda de 8GHz dentro del rango de 7800 MHz a 8200 MHz.

El diseño requiere conocer el presupuesto de potencias, para lo cual tenemos que evaluar las pérdidas en el enlace y en el sistema electrónico para los diferentes enlaces, así como las ganancias tanto del equipo activo electrónico como del pasivo, antenas. De esta formulación se obtiene la ganancia de las antenas a usar, que van a cumplir con el presupuesto de enlace impuesto sea por las características de las microondas como por las pérdidas en el espacio libre.

3.2.2.3 Perdidas en espacio Libre

La atenuación del espacio libre (*Atenuación_{el}*) también es conocido como α (alfa). Para determinar las perdidas en el espacio libre en cada uno de los enlaces se utilizará la siguiente fórmula:

Formula:

$$\alpha = 32,4 + 20 * \log f_{MHz} + 20 * \log d_{Km}$$

3.2.2.3.1 Perdidas de enlace Limoncocha – El Edén

La pérdida en espacio libre para el enlace seria:

$$= 32,4 + 20 \log (8000) + 20 \log (56,9)$$

$$= 145,56$$

3.2.2.3.2 Perdidas de enlace El Edén – Capitán Augusto Rivadeneira

La pérdida en espacio libre para el enlace seria

$$= 32,4 + 20 \log (8000) + 20 \log (29,45)$$

$$= 139,88$$

3.2.2.3.3 Pérdidas de enlace Capitán Augusto Rivadeneira - Tiputini

La pérdida en espacio libre para el enlace sería

$$= 32,4 + 20 \log (8000) + 20 \log (43,31)$$

$$= 143,19$$

3.2.2.4 Potencia de transmisión

Con la finalidad de definir los equipos microondas para el proyecto, presentamos una tabla con las características principales de tres modelos de diferentes marcas.

Tabla 15 Características de diferentes marcas de equipos microondas terrestres

	HUAWEI RTN 950	MOTOROLA PTP 810	APRISA XE 4RF
Frecuencia de operación	6 – 42 GHz	6 – 38 GHz	0,25 -14 MHz
Potencia de transmisión	15- 30 dbm	30 dbm	29 - 35 dbm
Sensibilidad del receptor	-70 a -80 dbm	-90,9 dbm	-102 dBm
Capacidad de Transmisión	De 1 hasta 4 STM1	De 1 hasta 16 E1	De 1E1 hasta 16 E1
Consumo de energía en watts	240	158	180

Fuente: Investigación propia

Elaborado por: Julio Cabrera

De las características anteriormente detalladas, el equipo Aprisa Xe RF4 y Motorola PTP 810i, no cumplen con la capacidad de transmisión deseada para el proyecto que es de mínimo un STM1 o 63 E1, y estos equipos solo poseen una capacidad de transmisión máxima de 16 E1. El equipo Motorola PTP810i podría incrementar su capacidad hasta 3 STM1 pero necesitaría la compra de tarjetas adicionales.

Se selecciona el equipo RTN 950 marca Huawei con un consumo de 240 watts a plena carga y fusibles de 20 amperios de entrada de línea. Específicamente para estos enlaces se tiene una potencia de transmisión de 15 a 30 dB, la sensibilidad del receptor está entre -70 y -80 dBm. Se han seleccionado estos equipos debido a que poseen la capacidad de transmisión deseada que es mínimo de un STM1 que viene de forma estándar en el equipo.

3.2.2.5 Potencia de recepción

Para obtener la potencia de recepción de cada enlace se debe conocer la ganancia de las antenas a ser utilizadas, en este caso de estudio se asumirá una ganancia de -43 dB, según datos obtenidos por el personal técnico de Huawei acerca de los equipos que se van a utilizar dejando un margen de seguridad mayor a 20 dB.

Tabla 16 Datos técnicos del equipo a utilizar

$P_{Tx} =$	25	dBm	Dato recomendado del rango de potencia disponible en los equipos microondas RTN-950
Pérdidas cable y conectores =	2	dB	Dato mostrado por el fabricante en la transmisión de cable IF.
$P_{Rx} =$	-43	dBm	Nivel de potencia en recepción, recomendado tener aproximado + de 20 dBm por encima de la sensibilidad del receptor como potencia recibida mínima (sensibilidad de -70 dBm; datos técnicos del equipo). Nos impusimos el -43 db

Fuente: Investigación propia

Elaborado por: Julio Cabrera

3.2.2.6 Ganancia de las antenas

Para determinar la ganancia que deberán tener las antenas en los diferentes puntos donde se realizarán los enlaces, se procederá a realizar los cálculos respectivos ya que no se puede dimensionar o seleccionar equipos sin conocer la ganancia necesaria para el funcionamiento de los enlaces; para el cálculo se partirá de la siguiente formula:

Formula:

$$P_{Rx} = P_{Tx} - 2 * Atenuación_{CC} + 2 * G_{antenas} - Atenuación_{el}$$

Despejando la formula anterior tenemos el siguiente resultado para el cálculo del presupuesto de potencias

Formula:

$$G_{antenas} = (P_{Rx} - P_{Tx} + 2 * Atenuación_{CC} + Atenuación_{el})/2$$

A continuación procedemos a realizar el cálculo remplazando con datos la formula anterior para determinar la ganancia de las antenas requeridas y obtenemos los siguientes resultados.

Tabla 17 Ganancia de las antenas requeridas para el proyecto

Enlace	Frecuencia (MHz)	Distancia (m)	Atenuación espacio libre (dB)	G antena requerida (dB)
Limoncocha - El Edén	8000	56,9	145,56	40,782
El Edén - Cap. A. Rivadeneira	8000	29,57	139,88	37,939
Cap. A. Rivadeneira – Tiputini	8000	43,31	143,19	39,597

Fuente: Investigación propia

Elaborado por: Julio Cabrera

Una vez determinadas las ganancias requeridas para las antenas en los diferentes puntos a enlazar como se muestra en la tabla No.17; se puede escoger la que mejor se adapta a los requerimientos del presupuesto de potencias de cada enlace conforme la tabla 18.

La ganancia de las antenas, dependen de la frecuencia, sus dimensiones y formas físicas. Entre las antenas de mayor ganancia tenemos las antenas

parabólicas, su característica principal es su diámetro; se puede calcular la ganancia de estas en base a los valores proporcionados por el fabricante y haciendo uso de la siguiente ecuación.

Formula:

$$G = n\pi^2 D^2 / \lambda^2$$

Remplazando con valores la formula anterior tenemos los siguientes datos.

Tabla 18 Selección de las antenas a utilizar en el enlace

Eficiencia	Diámetro (m)	Frecuencia (MHz)	lambda	GANANCIA (W)	GANANCIA (dB)
0,55	1,3	8000	0,038	6523,589	38,14
0,55	1,45	8000	0,038	8115,885	39,09
0,55	1,63	8000	0,038	10255,931	40,11
0,55	1,83	8000	0,038	12927,129	41,12
0,55	2	8000	0,038	15440,448	41,89
0,55	2,5	8000	0,038	24125,700	43,82
0,55	3	8000	0,038	34741,007	45,41
0,55	1,3	7000	0,043	4994,623	36,99
0,55	1,45	7000	0,043	6213,725	37,93
0,55	1,63	7000	0,043	7852,197	38,95
0,55	1,83	7000	0,043	9897,333	39,96
0,55	2	7000	0,043	11821,593	40,73
0,55	2,5	7000	0,043	18471,239	42,66
0,55	3	7000	0,043	26598,584	44,25

Fuente: Investigación propia

Elaborado por: Julio Cabrera

De la tabla No.18, podemos determinar que los tipos de antenas más apropiadas para los enlaces son las antenas parabólicas de 1,8 -1,6 y 1,3 metros de diámetro, en base a los caculos obtenidos.

3.2.2.7 Pérdidas en cables y conectores

Los equipos Huawei RTN 950 usan unidades externas de radio frecuencia (ODU por sus siglas en inglés Out Door Unit) que permite ser instaladas junto con las antenas a grandes distancias del equipo IDU (In Door Unit), a través de un cable Ethernet obteniéndose perdidas menores en comparación de cable de guía de ondas. Según información técnica del personal de Huawei, consideran una pérdida de 1,6 a 2 dB entre el equipo interior a la ODU-antenas (cable de IF y conectores).

3.2.2.8 Nivel de señal recibida

Una vez obtenidos los diferentes parámetros descritos en la Imagen 9, el valor del nivel de señal recibida por cada equipo en los tres enlaces serían los siguientes.

Tabla 19 Nivel de señal recibida en cada enlace

Enlaces			
	Limoncocha – El Edén	El Edén – Capitán Augusto Rivadeneira	Capitán Augusto Rivadeneira – Tiputini
Potencia de transmisión	+ 25 dBm	+25 dBm	+25 dBm
Perdidas en los cables y conectores Tx	-2 dB	-2 dB	-2 dB
Ganancia de la antena TX	+41,12 dB	+38,14 dB	+40,11 dB
Perdida en espacio libre	-146,56 dB	-139,88 dB	-143,19 dB
Ganancia de la antena RX	+41,12 dB	+38,14 dB	+40,11 dB
Perdida en el cable y conectores RX	-2 dB	-2 dB	-2 dB
Nivel de señal recibida	-43,44 dBm	-42,6 dBm	-41,97 dBm

Fuente: Investigación propia

Elaborado por: Julio Cabrera

3.2.2.9 Sensibilidad del receptor y margen de desvanecimiento

Los equipos que se pretende usar son marca Huawei RTN 950 que presentan una sensibilidad del receptor que está entre -70 y -80 dBm. Para una canalización de 8 Ghz.

Hay que fijarnos que La señal recibida debe estar por encima de la sensibilidad del receptor -70 dBm, de no darse esta condición se necesitarán antenas con mayores ganancias o cables con menores pérdidas.

La diferencia entre la señal recibida y el mínimo de señal recibida (también llamado sensibilidad del receptor) es el margen del enlace.

El margen del enlace debe ser positivo y debemos tratar de maximizarlo (al menos 10 db para un enlace viable). El margen del enlace debería tener un valor de:

- ✓ Mínimo 10 db
- ✓ En ciudades preferible 15 db
- ✓ En condiciones adversas = 20 db

3.2.2.9.1 Enlace Limoncocha – El Edén.

RSL = -43,44 dbm

Umbral de recepción: -70 dBm

M= (-43) dbm – (-70) dbm

M= 26,56 db

El margen del enlace mínimo debe ser 10 db para nuestro caso de 27 db, lo que garantiza la confiabilidad del enlace al trabajar en condiciones adversas.

3.2.2.9.2 Enlace El Edén – Capitán Augusto Rivadeneira.

$$RSL = -42,6$$

Umbral de recepción: -70 dBm

$$M = (-42,6) \text{ dbm} - (-70) \text{ dbm}$$

$$M = 27,4 \text{ db}$$

Para este enlace el margen del enlace es de 27,4 con lo cual se garantiza que el enlace sea factible.

3.2.2.9.3 Enlace Capitán Augusto Rivadeneira – Tiputini.

$$RSL = -41,97$$

Umbral de recepción: -70 dBm

$$M = (-41,97) \text{ dbm} - (-70) \text{ dbm}$$

$$M = 28,03 \text{ db}$$

El margen del enlace para estos puntos es de 28,03 db, es superior a lo recomendado por lo que el enlace es viable.

3.2.2.10 Simulación de los enlaces con el software radio Mobile.

Radio Mobile es un software que permite analizar y planificar el funcionamiento de un radioenlace o sistema de radiocomunicación fijo o móvil y presentar el área de cobertura de una red de radiocomunicaciones, permitiendo determinar la cobertura sobre una zona determinada para el análisis y la planificación de comunicaciones en zonas urbanas o rurales. Esta herramienta trabaja dentro del rango de frecuencias entre 20 MHz y 20 GHz.

Para la simulación utiliza datos de elevación del terreno que están disponibles en internet y que pueden ser descargados de forma gratuita, los cuales permiten crear mapas virtuales del área de interés, vistas estereoscópicas, vistas en 3-D y animaciones de vuelo.

De diversas fuentes se pueden obtener los datos de elevación del terreno entre ellas del proyecto de la NASA Shuttle Terrain Radar Mapping Misión (SRTM) que provee datos de altitud con una precisión de 3 segundos de arco (100m). (ETSIT-UPM, 2007)

En este programa se puede ir escogiendo el punto del enlace y en su parte superior se muestran los datos particulares del punto y del enlace en

general. Comparando los datos obtenidos en el estudio con los datos del software Radio Mobile podemos apreciar que son similares

A continuación se presenta el resultado de las simulaciones realizadas realizadas con el software radio Mobile, el cual nos permite obtener un vista en forma gráfica de la factibilidad de los enlaces.

3.2.2.10.1 Simulación del enlace Limoncocha – El Edén

La tabla resumen para este enlace por cada estación es:

Tabla 20 Datos para la simulación del enlace Limoncocha - El Edén

Estación	Limoncocha	El Edén
Distancia enlace	56,9 Km a El Edén	56,9 Km a Limoncocha
Frecuencia Trabajo MHz Tx – Rx	Tx: 8178 Rx: 7912 (enlace con El Edén)	Tx: 7912 Rx: 8178 (enlace con Limoncocha)
Altura de antenas (m)	90,95	90,95
Altura de Torre (m)	100	100
Tipo de antena	Parabólica	Parabólica
Diámetro de antena (m)	1,8	1,8

Fuente: Investigación propia

Elaborado por: Julio Cabrera

A continuación se presentan los datos obtenidos por el software radio Mobile, en los cuales previamente se ha ingresado

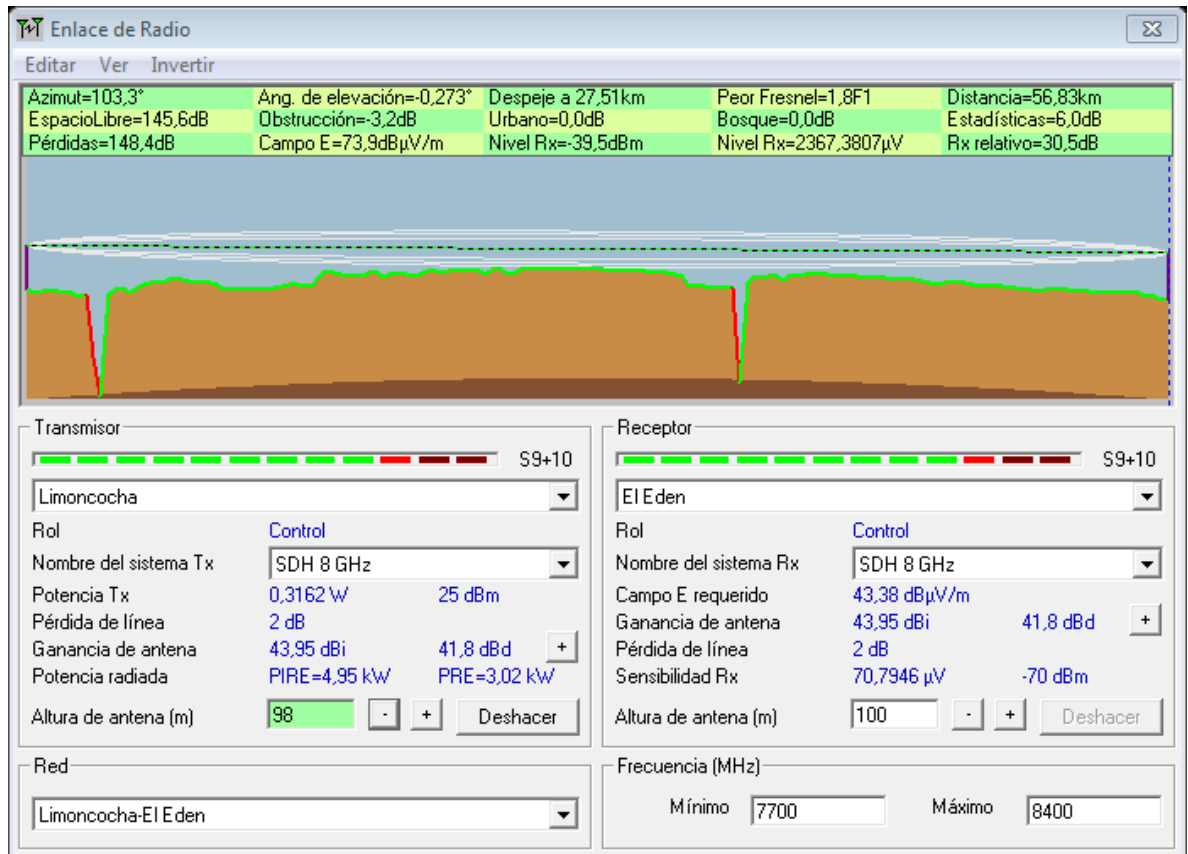


Imagen 14 Simulación del enlace Limoncocha - El Edén

Como se puede observar los datos obtenidos para este enlace son muy similares a los obtenidos con los cálculos realizados anteriormente, este enlace tiene una línea de vista limpia, y la primera zona de fresnel completamente despejada.

3.2.2.10.2 Simulación del enlace El Edén – Capitán Augusto Rivadeneira

Se presenta una tabla con el resumen de los datos más importantes para este enlace por cada estación.

Tabla 21 Datos para la simulación del enlace El Edén – Capitán Augusto Rivadeneira

Estación	El Edén	Cap. A. Rivadeneira
Distancia enlace	29,5 Km a Cap. A. Rivadeneira	29,5 Km a El Edén
Frecuencia Trabajo MHz Tx – Rx	Tx: 8192 Rx: 7926 (enlace con Cap. A. Rivadeneira)	Tx: 7926 Rx: 8192 (enlace con El Edén)
Altura de antenas (m)	50	50
Altura de Torre (m)	100	75
Tipo de antena	Parabólica	Parabólica
Diámetro de antena (m)	1,3	1,3

Fuente: Investigación propia

Elaborado por: Julio Cabrera

Los datos obtenidos por el software Radio Mobile son los siguientes:

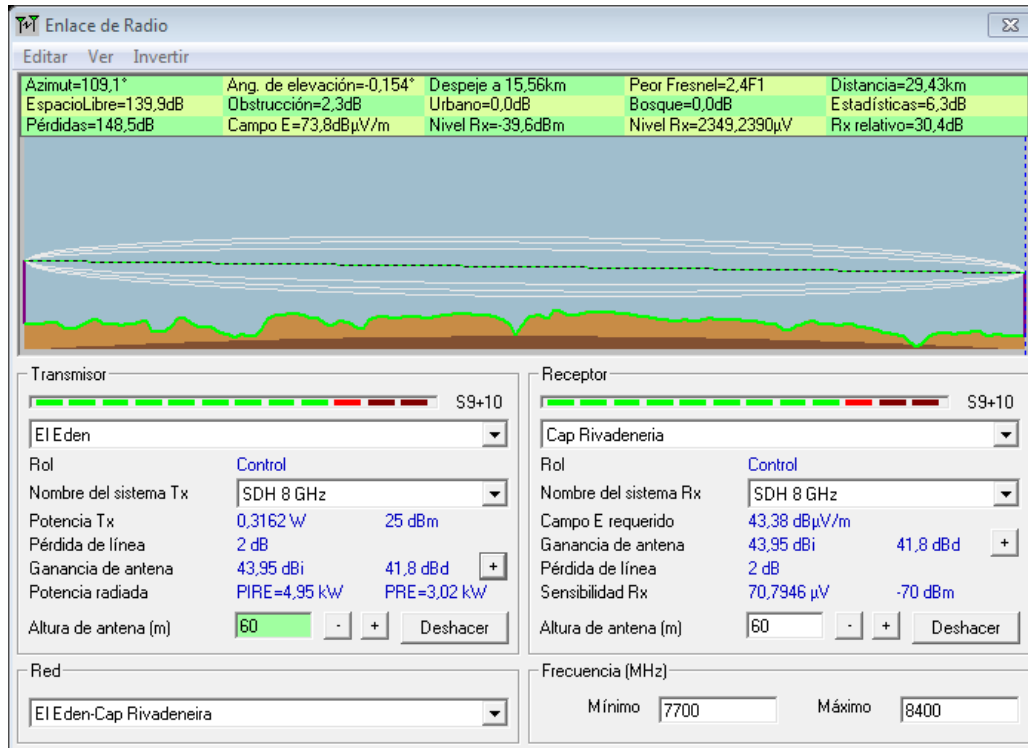


Imagen 15 Simulación del enlace El Edén-Capitán

Radio Mobile suministra todas las variables relacionadas con las prestaciones del enlace, nivel de señal esperado, calidad del enlace, PIRE, etc.

El enlace El Edén – Capitán Augusto Rivadeneira es viable, ya que se consigue una línea de vista despejada utilizando una torre de 75 metros en la comunidad Capitán Augusto Rivadeneira

3.2.2.10.3 Simulación del enlace Capitán Augusto Rivadeneira – Tiputini

Tabla 22 Datos para la simulación del enlace Capitán Augusto - Rivadeneira Tiputini

Estación	Cap. A. Rivadeneira	Tiputini
Distancia enlace	43,3 Km a Tiputini	43,3 Km a Cap. A. Rivadeneira
Frecuencia Trabajo MHz Tx – Rx	Tx: 8412 Rx: 8286 (enlace con Tiputini)	Tx: 8286 Rx: 8412 (enlace con Cap. A. Rivadeneira)
Altura de antenas (m)	67,23	67,23
Altura de Torre (m)	75	75
Tipo de antena	Parabólica	Parabólica
Diámetro de antena (m)	1,6	1,6

Fuente: Investigación propia

Elaborado por: Julio Cabrera

Los datos obtenidos por el software Radio Mobile son los siguientes:

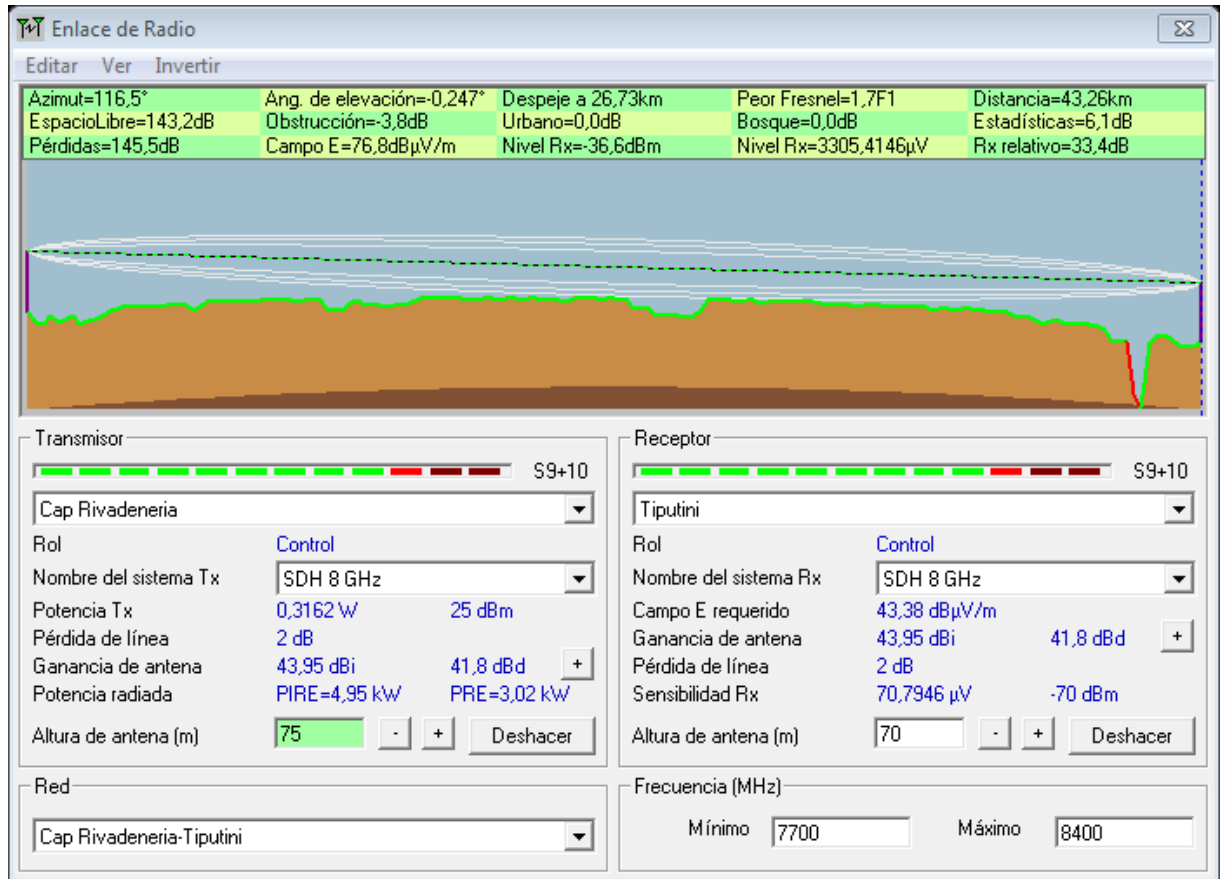


Imagen 16 Simulación del enlace Capitán Augusto Rivadeneira – Tiputini

Lo que observamos en la imagen es que la primera zona de fresnel se encuentra descubierta, si el parámetro Worst Fresnel estuviese 0.6 o menos, indicaría que más del 40% de la primera zona de fresnel se encuentra obstruida pero el valor es muy superior así que no hay problema y el enlace es viable

3.2.2.11 Capacidad de los radio enlaces

El Gobierno autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Aguarico, debe estimar un ancho de banda mínimo que cubra los requerimientos que demandan las nuevas tecnologías como videoconferencia, telefonía IP, etc., para la demanda actual y futura que pueda existir de otras parroquias del Cantón Aguarico, como es el caso de Nuevo Rocafuerte que es la segunda parroquia más poblada del Cantón Aguarico según datos del departamento de planificación de la municipalidad de Aguarico

3.2.2.11.1 Ancho de banda para transmisión de datos

En este punto se considera un promedio de 620 familias. Si a cada familia se le asigna 255 kbps, entonces el ancho de banda requerido es de 155 MB.

En conclusión se puede describir que de acuerdo a los parámetros antes señalados la capacidad del enlace sería 155 Mb para cubrir con las exigencias de los usuarios. En caso de requerir mayor ancho de banda, sea esta por incremento de usuarios o por cubrir mayores requerimientos se utilizarán microondas de un STM-1, en las que se puede transmitir hasta 63 E1, trabajando en diferente polaridad.

CAPITULO IV

PRESUPUESTO

4.1 Descripción del presupuesto

En el presente capítulo se presenta el pago estimado por concesión de frecuencias de uso privado a la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL) y el análisis del costo de cada una de las torres y equipos, que formarán parte de la infraestructura necesaria para el diseño del sistema de radio microonda del enlace troncal de telecomunicaciones, con el objetivo de estimar la rentabilidad del proyecto.

4.2 Costos de frecuencias

La municipalidad de Aguarico deberá cancelar una tarifa mensual a la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones de acuerdo al reglamento de derechos de concesión y tarifas por uso de frecuencias del espectro radioeléctrico.

4.2.1 Tarifa mensual

El costo de la tarifa mensual viene dado por la siguiente formula

Formula:

$$T(U\$\$) = K_a * \alpha_3 * \beta_3 * A * (D)^2$$

Dónde:

T (US\$) = Tarifa mensual en dólares de los Estados Unidos de América, por frecuencia asignada.

Ka = Factor de ajuste por inflación.

α_3 = Coeficiente de valoración del espectro del Servicio Fijo para enlaces punto-punto este valor para la frecuencia de 5 a 10 Ghz es de 0,0237509

β_3 = Coeficiente de corrección para el Sistema Fijo, enlace punto – punto.

A = Anchura de banda de la frecuencia asignada, en MHz.

D = Distancia en kilómetros entre las estaciones fijas

Los valores de Ka y β_3 son constantes y actualmente tienen el valor de 1

4.2.2 Derecho de concesión

Derechos de concesión se pagan una única vez por el tiempo de vigencia del título habilitante que es alrededor de 5 años.

Formula:

$$D_c = T(US\$) * T_c * F_{cf}$$

Dónde:

T (US\$) = Tarifa mensual por uso de frecuencias del espectro radioeléctrico en dólares de los Estados Unidos de América correspondiente al Servicio y al Sistema en consideración.

T_c = Tiempo de concesión. Valor en meses de la concesión a otorgarse al respectivo servicio y sistema.

F_{cf} = Factor de concesión de frecuencias, para el valor de 5 a 10 Ghz es de 0,0312929

D_c = Derecho de concesión.

Con las ecuaciones antes mencionadas, y de acuerdo a las especificaciones dadas en “Reglamento de derechos por concesión y tarifas por

uso de frecuencias del espectro radioeléctrico Rev 4.7.0, las tablas 1 y 2 de su Anexo 3”, se ha procedido a realizar los respectivos cálculos para el valor de las tarifas mensuales y derechos de concesión que la municipalidad de Aguarico debería cancelar. Esto con un ancho de banda de operación de las microondas de 28 MHz. Las operaciones de cálculo se realizaron para cada una de las tres alternativas detalladas en el capítulo III.

4.2.3 Tarifas mensuales y derecho de concesión del Backbone

A continuación se detalla el valor que debería pagar la municipalidad para la implementación de la infraestructura propuesta.

Tabla 23 Tarifas mensuales y valor de concesión de los enlaces

Enlace		Frecuencias		AB	Distancia	V. Tarifa (Mensual)	V. Concesión (5 años)
Sitio 1	Sitio 2	TX (MHz)	Rx (MHz)	(MHz)	(Km)	(US\$)	(US\$)
Limoncocha	El Edén	7926	8192	28	57	598,52	1123,77
El Edén	Cap. Rivadeneira	8178	7912	28	29,458	577,09	1083,53
Cap. Rivadeneira	Tiputini	7982	8248	28	42,957	598,52	1123,77
TOTAL						1774,14	3331,07

Fuente: Investigación propia

Elaborado por: Julio Cabrera

Como podemos observar, si se implementara la infraestructura de comunicaciones bajo la infraestructura propuesta el valor a cancelar por la concesión a cinco años sería de 3331,07 dólares.

4.2.4 Descripción de costos de torres y equipos para enlace microondas

Los equipos de radio microonda y torres metálicas tienen la siguiente cotización incluido todas las partes que los conforman.

En las tablas 23, 24 y 25, se contabilizan los equipos que se requerirían para los tres enlaces, en el costo de cada enlace de radio están incluidas las antenas. El sistema de energía está compuesta tanto de los paneles solares como la electrónica y baterías de carga, las cuales han sido cotizadas según el dimensionamiento de la carga que requieren los equipos a ser usados, se tiene los siguientes costos:

4.2.4.1 Presupuesto inicial

A continuación se detalla el presupuesto referencial que se empleará para la ejecución de este proyecto.

Tabla 24 Presupuesto inicial

PRESUPUESTO				
ITEM	DESCRIPCIÓN	V. Unitario	Cantidad	Costo
ADQUISICIÓN DE EQUIPOS				
1	ADQUISICIÓN DE UN ENLACES DE RADIO CON CAPACIDAD MÍNIMA DE UN STM-1; 1+1 HSB O SD.	40000,00	3	120000,00
2	ADQUISICIÓN DE ARMARIOS PARA TELECOMUNICACIONES	2000,00	3	6000,00
3	ADQUISICIÓN DE ARMARIOS CON SISTEMA DE ENERGIA (RECTIFICADOR, BATERIAS)	18000,00	3	54000,00
4	SISTEMAS DE ENERGÍA CON RECTIFICADOR BATERÍAS PARA TIPUTINI	5000,00	1	5000,00
5	REUBICACIÓN DE TRES TORRES A LAS PARROQUIAS DE LIMONCOCHA, EDÉN, CAPITÁN AUGUSTO RIVADENEIRA	17078,00	3	51234,00
6	ADQUISICIÓN E INSTALACIÓN DE CUATRO PARARAYOS	5000,00	4	20000,00
7	COMPUTADOR	1200,00	1	1200,00
TRAMITES LEGALES				
8	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (TORRES)	20000,00	3	60000,00
9	ARRIENDO DE TERRENOS	3600,00	1	3600,00
10	PAGO A SUPTTEL - TARIFA FRECUENCIAS. – PRIMER AÑO	21289,68	1	21289,68
11	PAGO A SUPTTEL - CONCESION DE FRECUENCIAS.- PRIMER AÑO	666,21	1	666,21
SERVICIO DE INTERNET				
12	ADQUISICIÓN DE UN ENLACE DE 155 MB (80 USD MB)	148800,00	1	148800,00
MANTENIMIENTO DE ENLACES MICROONDAS				
13	MANTENIMIENTO Y REPACIÓN DE ENLACES DE RADIO 13% COSTO EQUIPOS	5200,00	3	15600,00
MANTENIMIENTO TORRES				
14	MANTENIMIENTO DE TORRE(S), 8% DEL COSTO DE LA TORRE.	12400,00	4	49600,00
15	ENERGIA ELECTRICA	1440,00	1	1440,00
TOTAL				558429,89

Fuente: Ing. Alex Mayorga

Elaborado por: Julio Cabrera

Autor: Julio Rodrigo Cabrera Reyes

El valor presupuestado asciende a 558429,89 dólares con el cual se iniciará este proyecto.

No se considera la adquisición de torres; sino la reubicación de las mismas, a fin de abaratar costos por cuanto la municipalidad ya dispone de éstas en otros lugares dentro del cantón que no están siendo utilizadas y que se encuentran en buen estado.

Las dos torres de 100 metros están ubicadas en las comunidades de Zancudo Cocha y Kawimeno, las torres de 75 metros están en las parroquias Samona y Tiputini; de las cuales la torre ubicada en la parroquia Tiputini ya no hace falta reubicarla.

Los enlaces de radio serán adquiridos a la empresa HAWEL. Se deberá cancelar el arriendo de los terrenos en las comunidades de Limoncocha y El edén, donde se instalarán dos torres

Se deberá contar con un estudio de impacto ambiental para cumplir con las normas impuestas por el ministerio del ambiente y así obtener la viabilidad ambiental.

4.2.4.2 Tabla de fuentes y usos

En la tabla de fuentes y usos identificamos los recursos con los que cuenta la Municipalidad del Cantón Aguarico, y los recursos que deberá financiar para poner en marcha el proyecto.

Tabla 25 Fuentes y usos

DETALLE	RECURSO PROPIO	RECURSO AJENO LEY 12% UTILIDADES PETROLERAS	FINANCIAMIENTO
ADQUISICIÓN DE UN ENLACES DE RADIO CON CAPACIDAD MÍNIMA DE UN STM-1; 1+1 HSB O SD.			120000,00
ADQUISICIÓN DE ARMARIOS PARA TELECOMUNICACIONES			6000,00
ADQUISICIÓN DE ARMARIOS CON SISTEMA DE ENERGIA (RECTIFICADOR, BATERIAS)			54000,00
SISTEMAS DE ENERGÍA CON RECTIFICADOR BATERÍAS PARA TIPUTINI			5000,00
ADQUISICIÓN E INSTALACIÓN DE CUATRO PARARAYOS	20000,00		
REUBICACIÓN DE TRES TORRES A LAS PARROQUIAS DE LIMONCOCHA, EDÉN, CAPITÁN AUGUSTO RIVADENEIRA	51234,00		
COMPUTADOR	1200,00		
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (TORRES)		60000,00	
COSTOS Y GASTOS	240995,89		
TOTAL	313429,89	60000,00	185000,00

Fuente: Investigación propia

Elaborado por: Julio Cabrera

El proyecto es ejecutado con fondos propios de la Municipalidad de Aguarico, por un valor de 313429,89 dólares que corresponde al 56,13%; fondos provenientes de la ley del 12% de utilidades petroleras por un valor de 60000,00 y lo restante 185000,00 dólares que corresponde al 33.13 es financiado con un crédito reembolsable del banco del estado a una tasa del 7% anual a 5 años plazo.

4.2.4.3 Cuadro de costos y gastos

Tabla 26 Costos y gastos

Cuadro de costos y gastos a partir del primer año			
DETALLE	VALOR UNITARIO	CANTIDAD	VALOR TOTAL
ARRIENDO DE TERRENOS	3600,00	1	3600,00
PAGO A SUPTTEL - TARIFA FRECUENCIAS. – PRIMER AÑO	21289,68	1	21289,68
PAGO A SUPTTEL - CONCESIÓN DE FRECUENCIAS.- PRIMER AÑO	666,21	1	666,21
ADQUISICIÓN DE UN ENLACE DE 155 MB (80 USD * MB)	148800,00	1	148800,00
MANTENIMIENTO Y REPACIÓN DE ENLACES DE RADIO 13% COSTO EQUIPOS	5200,00	3	15600,00
MANTENIMIENTO DE TORRE(S), 8% DEL COSTO DE LA TORRE.	12400,00	4	49600,00
ENERGIA ELECTRICA	1440,00	1	1440,00
TOTAL			240995,89

Fuente: Ing. Alex Mayorga – Técnico CNT

Elaborado por: Julio Cabrera

El costo del proyecto para el primer año asciende a 240155,89 dólares de los Estado Unidos de América.

Los costos más representativos y comparativos entre las opciones se los ha desarrollado tomando en cuenta que:

- Los datos han sido obtenidos del personal de transmisión de la CNT E.P.
- Los costos de mantenimiento de las torres, que aproximadamente está entre 3% a 8% anual del costo de la torre, y la de los equipos de transmisión propiamente dicho. Este valor es adoptado bajo el sentido de que se debe amortizar el costo de la torre durante 10 años. Para el cálculo se ha tomado el 8%.
- Se considera el 10% para mantenimiento y el 3% para reparación de los equipos, esto sobre el costo total de los enlaces.

Tabla 27 Costos por usuario

Cuadro de costos del servicio de internet por hogares		
NÚMERO DE USUARIOS	COSTO MENSUAL POR USUARIO	COSTO ANUAL POR USUARIO
620	32,29	388,70

Fuente: Departamento de Planificación del GADMCA

Elaborado por: Julio Cabrera

En la parroquia Tiputini existen alrededor de 800 usuarios entre ellos domésticos y corporativos, El servicio de internet que se oferta en el proyecto cubre la demanda de 620 usuarios para el primer año.

Para el cálculo del costo del servicio no se ha tomado en cuenta la inversión inicial en activos fijos tangibles e intangibles que subsidiará el Municipio de Aguarico. Este proyecto impulsa el Municipio de Aguarico con fin de dar un beneficio social y la oportunidad a los estudiantes y pobladores del Cantón integrarse a las tecnologías de información y comunicaciones.

El precio final que el usuario debería cancelar en forma mensual por el servicio de internet y cubrir los costos operativos y de mantenimiento sería de 32,29 dólares por la capacidad entrega de 255 kbps.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

El uso de las tecnologías de redes microondas en el desarrollo del proyecto aseguran que se pueda transmitir grandes cantidades de información al cubrir grandes distancias.

Del análisis técnico y ambiental se concluye que los equipos microondas utilizados para el diseño del enlace poseen características que se ajustan a la cantidad de datos que se desean transmitir, permitiendo además incrementar el mismo en el caso de requerirlo.

El escogimiento de la marca de los equipos microondas para el diseño del enlace se realizó en base a la comparación de las características de tres marcas diferentes, en las cuales los equipos marca Huawei cumplen los requerimientos necesarios para el proyecto.

Utilizando torres de 75 y 100 metros respectivamente para los diferentes saltos se asegura que no exista una obstrucción en la primera zona de fresnel lo que garantiza la confiabilidad del enlace.

El trabajar en bandas licenciadas de frecuencias de 7 a 8 GHz garantiza que no existan interferencias con las bandas de libre uso, por lo tanto no existirían interferencias en el enlace.

La infraestructura, tanto por su costo como por su impacto ambiental, tiene que ser aprovechado en su mayor capacidad, lo que implica que un proyecto tiene que tener potencialidades para dar uso a otros proyectos futuros. Es este el caso de presente proyecto, que puede ser usado a futuro para desplegar telefonía rural inalámbrica o para otros enlaces de la zona, como es el caso de Nuevo Rocafuerte.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda inicialmente trabajar con un enlace de un STM1, que equivale a 155 Mbps lo que garantiza que se pueda cubrir las necesidades actuales; y en caso de mayor demanda de la población realizar la adquisición de una ODU adicional para duplicar el enlace.

Se deberá considerar anualmente en el presupuesto municipal un rubro específico (partida presupuestaria) para el mantenimiento y reparación de las torres y equipos instalados.

Se deberá realizar al menos un mantenimiento anual a las torres de transmisión, ya que al encontrarse en clima cálido húmedo sus componentes tienden a oxidarse lo que puede comprometer su estructura.

Para que el proyecto se pueda mantener en el tiempo, brindando los servicios de internet para el cual fue implementado. Se deberá cobrar un mínimo de 32,39 dólares mensuales a los usuarios potenciales para cubrir los gastos de operación y mantenimiento de los enlaces.

Ha sido de gran utilidad para el desarrollo personal como laboral el tipo de aprendizaje que he recibido durante el tiempo de estudio en la maestría de redes de comunicaciones lo que me ha permitido elaborar proyectos que van en beneficio de la sociedad; por lo que recomiendo estudiar esta carrera a todos los profesionales involucrados con las tecnologías de información y comunicaciones.

A la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, que siga con el programa de Maestrías enfocadas al área de tecnología de redes; ya que hoy

en día todas las empresas sean éstas públicas o privadas necesitan como parte fundamental las comunicaciones para el desarrollo normal de sus actividades.

Bibliografía

bibliotecadigital. (9 de Agosto de 2012). Redes de telecomunicaciones. Obtenido de http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/149/htm/sec_8.htm

Cisneros, D. (2013). Diseño de una solución de comunicaciones para la localidad de Nuevo Loreto usando arquitectura punto-multipunto mediante transporte satelital y acceso inalámbrico. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

ETSIT-UPM. (Febrero de 2007). Tutorial de radio mobile. Obtenido de <http://www3.fi.mdp.edu.ar/electronica/catedras/mediosdetransmision/files/ManualRadioMobile.pdf>

Makishi, I. (6 de Octubre de 2014). Redes de fibra óptica. Obtenido de <http://www.slideshare.net/mikita921/redes-de-fibra-optica-presentacion>

Ó Siochrú , S. (6 de Octubre de 2014). Infraestructura troncal de banda ancha rural : un estudio de caso de los diferentes enfoques y posibilidades. Obtenido de https://www.apc.org/es/system/files/APCProPoorKit_PolicyAndRegulation_CaseStudyRural_ES.pdf

Rosero, V. V. (2007). Análisis de alternativa de optimización del sistema de comunicaciones petroproducción enlace distrito Quito - distrito amazónico. Quito.

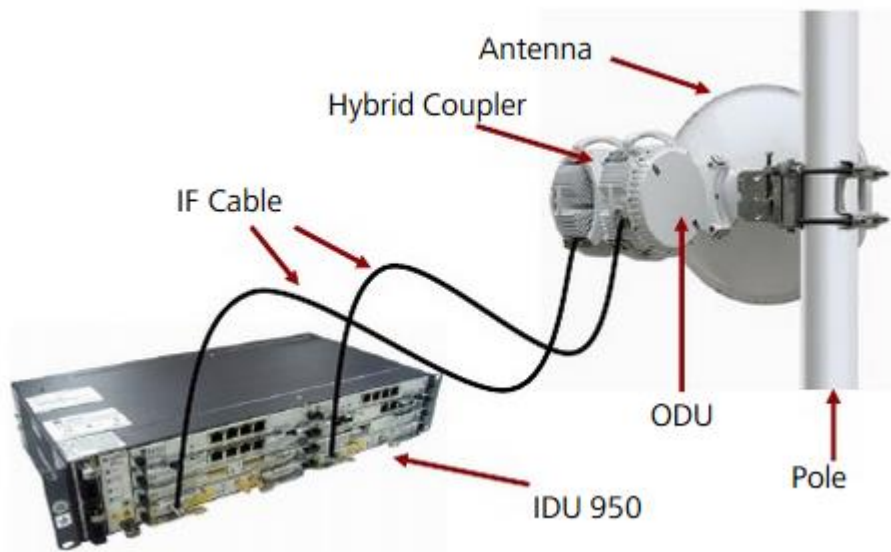
Estudio para la implementación de una infraestructura troncal de telecomunicaciones que permita al Municipio de Aguarico brindar servicios de internet a la parroquia Tiputini

Satcomm networks. (6 de Octubre de 2014). Mitos y realidades del internet satelital.

Obtenido de <http://www.satcomm.com.mx/mitos/mito1.php>

Anexos

Anexo 1 Microonda OptiX RTN 950



OptiX RTN 950		
Frequency Band		6 GHz, 7 GHz, 8 GHz, 10 GHz, 10.5 GHz, 11 GHz, 13 GHz, 15 GHz, 18 GHz, 23 GHz, 26 GHz, 28 GHz, 32 GHz, 38 GHz, 42 GHz
Channel Spacing (MHz)		3.5 MHz, 7 MHz, 14 MHz, 28 MHz, 40 MHz, 56 MHz
Modulation Mode		QPSK, 16QAM, 32QAM, 64QAM, 128QAM, 256QAM, 512QAM*, 1024QAM*
Interface Type	E1 interface	TDM E1, Smart E1 (CES E1, IMA E1, ML-PPP E1*)
	SDH interface	STM-1 optical/electrical interface, STM-4 optical interface*
	Ethernet interface	FE interface: 10/100BASE-T (X), 100BASE-FX GE interface: 1000Base-SX, 1000Base-LX, 10/100/1000BASE-T (X)
	Auxiliary interface	Orderwire interface, external clock input/output interface, IEEE 1588v2 clock input/output interface

	Alarm interface	External alarm 4 input/2 output interface, external alarm 2 output cascading interface
Maximum Interface		PDH interface: 192 × E1 SDH interface: 12 × STM-1, 12 × STM-4* Ethernet interface: 48 × FE, 12 × GE
Maximum Capacity		Switching capacity: 10Gbit/s TDM cross connection capacity: 32 × 32VC-4, full timeslot cross-connections at the VC-12/VC-3/VC-4 level
RF Direction		A maximum of 6 RF directions
Configuration		N x (1+0) configuration (1≤N≤6) N+0 configuration (1≤N≤6) N+1 configuration (1≤N≤4) XPIC configuration 1+1 configuration: 1+1 HSB, 1+1 FD, 1 + 1 SD, XPIC 1+1
Ethernet Function		Ethernet II, IEEE 802.3, and IEEE 802.1q/p service frame formats E-Line and E-LAN Ethernet services Adding, deletion, and exchange VLAN tags (IEEE 802.1q/p) Flow control (IEEE 802.3x) Link aggregation group (LAG) RMON (IETF RFC 2819)
PWE3		Simulation of TDM E1 and ATM/IMA E1 services Encapsulation of Ethernet services over LSP tunnel to implement E-Line services Static PW
QoS		IP DSCP/IP TOS, MPLS EXP, VLAN 802.1p CAR and traffic policing in color-blind or color-aware mode 8 classes for queue scheduling
MPLS Capacity		Number of VLAN tags: 4,094 Number of tunnels (including MPLS tunnel, TMPLS tunnel, IP tunnel, and GRE tunnel): 1,024 Number of CESs: 192 Number of PWs: 1,024 Number of E-Lines: 1,024 Number of APS protection groups: 32
Dimensions and Weight		Dimensions: 442 mm (width) x 220 mm (depth) x 88 mm (height) Weight: 5.5 kg
Working	IDU	–5°C to +60°C

Estudio para la implementación de una infraestructura troncal de telecomunicaciones que permita al Municipio de Aguarico brindar servicios de internet a la parroquia Tiputini

Temperature	ODU	−33°C to +55°C
Relative Humidity	IDU	5% to 95%
	ODU	5% to 100%
Power Supply		−72 V ~ −38.4 V
Heat Dissipation		Fan cooling
Maximum Working Altitude		4,500 m

Anexo 2 Torre de 75 metros de la municipalidad disponible en la parroquia Tiputini



Estudio para la implementación de una infraestructura troncal de telecomunicaciones que permita al Municipio de Aguarico brindar servicios de internet a la parroquia Tiputini

Anexo 3 Armario exterior para instalación de equipos



Glosario

Infraestructura troncal: es la parte de la red de telecomunicaciones que nunca llega directamente al cliente final, sino que se usa para ligar entre sí a las redes de acceso local que ofrecen un abanico de servicios, para sumar demanda y transportarla en forma eficiente en distancias largas.

Telecomunicaciones: es toda transmisión y recepción de señales de cualquier naturaleza, típicamente electromagnéticas, que contengan signos, sonidos, imágenes o, en definitiva, cualquier tipo de información que se desee comunicar a cierta distancia.

Microondas: se denomina microondas a las ondas electromagnéticas definidas en un rango de frecuencias determinado; generalmente de entre 300 MHz y 300 GHz, que supone un período de oscilación de 3 ns (3×10^{-9} s) a 3 ps (3×10^{-12} s) y una longitud de onda en el rango de 1 m a 1 mm

Vsat: son las siglas de Terminal de Apertura Muy Pequeña (del inglés, Very Small Aperture Terminal). Designa un tipo de antena para comunicación de datos vía satélite y por extensión a las redes que se sirven de ellas, normalmente para intercambio de información punto a punto, punto a multipunto (broadcasting) o interactiva.

Fibra óptica: es un medio de transmisión, empleado habitualmente en redes de datos, consistente en un hilo muy fino de material transparente, vidrio o materiales plásticos, por el que se envían pulsos de luz que representan los datos a transmitir.

Reflexión: fenómeno por el cual un rayo de luz que incide sobre una superficie es reflejado.

Refracción: es el cambio de dirección que experimenta una onda al pasar de un medio material a otro. Solo se produce si la onda incide oblicuamente sobre la superficie de separación de los dos medios y si estos tienen índices de refracción distintos.

TIC: el término tecnologías de la información se usa a menudo para referirse a cualquier forma de hacer cómputo.

Superávit: es la abundancia de algo que se considera útil o necesario.

Rural: son aquellos que tienen pocas viviendas, es decir, éstas están alejadas unas de otras.

FSUO: Fondo de Servicio Universal Obligatorio.

CDA: Cargos por Déficit de Acceso.

HUB satelital: es una estación terrestre de comunicaciones para la retransmisión de distintos servicios de televisión, voz y datos vía satélite.

Ancho de banda: ancho de banda es la cantidad de información o de datos que se puede enviar a través de una conexión de red en un período de tiempo dado.

DSL: línea de abonado digital asimétrica.

Banda Ku: es una porción del espectro electromagnético en el rango de las microondas que va de los 12 a los 18 GHz.

Banda C: es un rango del espectro electromagnético de las microondas que comprende frecuencias de entre 3,7 y 4,2 GHz y desde 5,9 hasta 6,4 GHz. Fue el primer rango de frecuencia utilizado en transmisiones satelitales

ECORAE: Instituto para el Ecodesarrollo Regional Amazónico.

Selvática: Ecosistema sin cultivar, muy poblado de árboles y con un sotobosque impenetrable que es característico de la zona ecuatorial amazónica y de los bosques de la zona intertropical.

Metropolitanas: es una región urbana que engloba una ciudad central que da nombre al área y una serie de ciudades satélites que pueden funcionar como ciudades dormitorio, industriales, comerciales y servicios. También se conoce como red urbana.

E1: o Trama E1 es un formato de transmisión digital; su nombre fue dado por la administración de la (CEPT). Es una implementación de la portadora-E.

MTBF: es la media aritmética (promedio) del tiempo entre fallos de un sistema. El MTBF es típicamente parte de un modelo que asume que el sistema fallido se repara inmediatamente (el tiempo transcurrido es cero), como parte de un proceso de renovación.

MTTR: es el tiempo promedio que toma reparar algo después de una falla.

SDH: La jerarquía digital síncrona es un conjunto de protocolos de transmisión de datos. Se puede considerar como la revolución de los sistemas de transmisión, como consecuencia de la utilización de la fibra óptica como medio de transmisión, así como de la necesidad de sistemas más flexibles y que soporten anchos de banda elevados.

ADM: El multiplexor de extracción-inserción (ADM) permite extraer en un punto intermedio de una ruta parte del tráfico cursado y a su vez inyectar nuevo tráfico desde ese punto. En los puntos donde tengamos un ADM, solo aquellas señales que necesitemos serán descargadas o insertadas al flujo principal de datos. El resto de señales a las que no tenemos que acceder seguirá a través de la red.

STM: Módulo de Transporte Síncrono (Synchronous Transport Module). Unidad de transmisión básica de la Jerarquía Digital Síncrona (SDH), correspondiente al primer nivel básico.

Espectro electromagnético: es el rango de todas las radiaciones electromagnéticas posibles. El espectro de un objeto es la distribución característica de la radiación electromagnética de ese objeto.

Zona de fresnel: al volumen de espacio entre el emisor de una onda electromagnética, acústica, etc.- y un receptor, de modo que el desfase de las ondas en dicho volumen no supere los 180° .

Velocidad de transmisión: La velocidad de transmisión es la relación entre la información transmitida a través de una red de comunicaciones y el tiempo empleado para ello. Cuando la información se transmite digitalizada, esto

implica que está codificada en bits (unidades de base binaria), por lo que la velocidad de transmisión también se denomina a menudo tasa binaria o tasa de bits (bit rate, en inglés).